

Footbonaut Short Passing Test

Reliabilität und Validität eines Kurzpasstests im Footbonaut

Von der Sportwissenschaftlichen Fakultät

der Universität Leipzig

genehmigte

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor philosophiae
(Dr. phil.)

vorgelegt

von	Dipl.-Sportwiss. Christian Saal
geboren am	15.05.1982 in Halle (Saale)
Betreuer:	Prof. Dr. Jürgen Krug
Gutachter:	Prof. Dr. Martin Lames

Tag der Verleihung 13. Februar 2020

Bibliographische Angaben

Saal, Christian

Footbonaut Short Passing Test
Reliabilität und Validität eines Kurzpasstests im Footbonaut

Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät
Dissertation

127 Seiten¹, 93 Literaturangaben², 26 Abbildungen, 15 Tabellen

¹Seitenzahl Textteil und Anhang

²Summe der im Literaturverzeichnis ausgewiesenen Literaturangaben

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Jürgen Krug, der mich über sämtliche Projekte begleitete und mir zu jeder Zeit mit seiner Expertise beiseite stand. Er hat mir dabei geholfen, zahlreiche Perspektivwechsel zu vollziehen und die Arbeit zu vollenden.

Einen weiteren Dank möchte ich Prof. Dr. Jochen Zinner aussprechen, der mir erst ermöglicht hat die Promotion zu beginnen. Sein Tatendrang und seine Fähigkeit komplexe Sachverhalte auf das Wesentliche zu reduzieren, haben mich inspiriert. Auf ihn konnte ich immer zählen.

Auch danke ich Prof. Dr. Jan Mayer für seine umfangreiche Unterstützung. Er hat es mir ermöglicht, meine Forschungsreihen auf einen Bundesligaverein auszuweiten und damit wesentlich zum Erkenntnisgewinn beigetragen. Ihm verdanke ich die Realisation der zweiten Studienreihe in Hoffenheim.

Im Speziellen danke ich meinen Wegbegleitern und Kollegen. Hervorheben möchte ich Harald, der mich mit pädagogischem Geschick und Geduld in die Welt der Programmierung und Statistik einführte. Bei Franz und José bedanke ich mich für die Korrekturhinweise und das Lesen der gesamten Arbeit.

Meinen engen Freunden Thorsten und Mathias gilt ein großer Dank, da sie mir den manchmal notwendigen Abstand zu meinen Projektarbeiten verschafften.

Meinen Eltern und Schwiegereltern möchte ich danken für die Unterstützung, die ich zu jeder Zeit erhalten habe. Ganz besonders möchte ich aber meiner lieben Frau Anne danken, die sich liebevoll um unsere Kinder gekümmert hat und trotzdem noch Zeit fand meine Arbeiten zu lekturieren. Ohne diese Rückendeckung und diese Unterstützung hätte ich diese Arbeit nicht beenden können. Ihnen widme ich diese Arbeit.

Abstract

In professional soccer a constant development of innovative diagnostic systems can be observed. A result of this development is the Footbonaut, which can be used to quantify the speed and accuracy of short passing actions in soccer. However, studies about reliability and validity of the Footbonaut in training and diagnostics are still missing.

In this thesis a Footbonaut testing procedure (FSPT Footbonaut Short Passing Test) is presented and analyzed if fulfilling the criteria for test quality. First a cross-sectional study is used in a pre-post test design to answer questions on item quality, group differences and the effects of repeated measurements on speed and accuracy. Second a longitudinal design is chosen where effects of age, players match position and repeated measurements on speed and accuracy are investigated. Additionally the relationship between Footbonaut performance, physical and psychological parameters are analyzed.

The thesis shows: 1. FSPT test items can be grouped in two different subscales 2. running speed and jumping force did not contribute significantly to accuracy and speed of short passing actions 3. age and performance level significantly influence the FSPT results 4. speed and accuracy did not differ between players position 5. speed and accuracy changes over time, particularly among younger soccer players

Zusammenfassung

Im leistungsorientierten Fußball werden schon seit längerem moderne Mess- und Informationssysteme verwendet. Der Footbonaut ist ein solches Trainings- und Messgerät, um speziell das Kurzpassspiel unter dem Aspekt der Schnelligkeit und Genauigkeit zu testen und zu trainieren. Obwohl der Footbonaut bereits in mehreren Vereinen intensiv genutzt wird, gibt es nur wenige Studien, die sich mit der Qualität des Footbonaut als leistungsdagnostisches Verfahren auseinandersetzen.

In dieser Forschungsarbeit wird ein Testprozedere (FSPT Footbonaut Short Passing Test) im Footbonaut vorgestellt und überprüft, ob dieses den Anforderungen an leistungsdagnostische Methoden genügt. Dabei stehen Fragen zur Reliabilität und Konstruktvalidität im Vordergrund. Zur Beantwortung der Fragen wurde der Test in einer Vorstudie im Footbonaut erprobt und dann in einer Längsschnittstudie eingesetzt. Die Ergebnisse aus dem FSPT wurden mit Testergebnissen aus psychologischen und motorischen Tests abgeglichen.

Die Hauptergebnisse zeigen, dass: 1. der FSPT in zwei Subskalen gruppiert werden kann, 2. die motorische Schnelligkeit eine eher untergeordnete Rolle beim Lösen der Passaufgaben im FSPT spielt, 3. Alters- und Leistungsgruppenunterschiede nachweisbar sind, wobei die Spielposition keinen Einfluss hat und 4. die Passschnelligkeit und -genauigkeit besonders im Kinder- und Jugendbereich eine veränderbare Größe darstellt.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Theoriepositionen	3
1.2	Bedeutung des Passspiels im Fußball	7
1.3	Diagnostik der Schnelligkeit und Genauigkeit von Passaufgaben	12
1.4	Forschungsfragen und Hypothesen	19
2	Allgemeine Methoden	21
2.1	Überblick	21
2.2	Generelle Beschreibung der Stichproben	22
2.3	Messinstrumente	22
2.3.1	Footbonaut	22
2.3.2	Aufmerksamkeits-Belastungs-Test (D2) und Determinationstest (DT)	24
2.3.3	Testbatterie zur Bestimmung der motorischen Schnelligkeit	24
3	Empirische Untersuchungen	26
3.1	Itemanalyse Footbonaut Short Passing Test	26
3.1.1	Methode	27
3.1.2	Ergebnisse	28
3.1.3	Diskussion	29
3.2	Schnelligkeit im Footbonaut Short Passing Test	32
3.2.1	Methode	33
3.2.2	Ergebnisse	34
3.2.3	Diskussion	36
3.3	Leistungsgruppen im Footbonaut Short Passing Test	39

3.3.1 Methode	39
3.3.2 Ergebnisse	40
3.3.3 Diskussion	43
3.4 Alter und Spielpositionen im Footbonaut Short Passing Test	47
3.4.1 Methode	47
3.4.2 Ergebnisse	48
3.4.3 Diskussion	50
4 Fazit	56
Literatur	61
A Abbildungen	72
B Tabellen	96
C Codebuch	110

Abbildungsverzeichnis

A.1	Angabe des Anstrengungsempfindens auf der „ratings of perceived exertion“-Skala nach Borg (2004) nach Durchführung des Footbonaut Short Passing Test (Berliner Messreihe, $n = 66$). Eine Bewertung von 13-14 entspricht der Kategorie „etwas schwer“	72
A.2	Skizze der kompletten Anlage mit den Balltürmen, in denen die Ballkanonen integriert sind, den hohen und tiefen Zielfeldern, der Testzone sowie den zwei Eingängen.	73
A.3	Messzeitpunkte für die jeweiligen FSPT-Sessions in der Berliner und in der Hoffenheimer Messreihe, sowie die Tage, an denen während der Hoffenheimer Messreihe (Zuzenhausen) zusätzlich im Footbonaut trainiert wurde. Ein Datenpunkt entspricht einer Session (Berlin: $n = 462$, Zuzenhausen: $n = 621$, Training: $n = 8232$).	74
A.4	Innenansicht des Footbonaut mit den Ballkanonen (A) und den Zielfeldern (B). Im Detail ein Ballkanone mit ihren Auswurfwalzen und die an den Zielfeldern angebrachten Lichtschranken.	75
A.5	Schema der Testsession für den Footbonaut Short Passing Test. Abgebildet ist die Sequenz der Ballitems ($n = 32$). Die Ballkanone eines Items steht in dieser Darstellung bei jedem der 32 Items oben. Unten die ersten drei Ballitems im Detail.	75
A.6	Skizze des Versuchsaufbaus für den 28 m-Wendigkeitslauf.	76
A.7	Deskriptive Darstellung aller 32 Ballitems (links) und Items, zusammengefasst nach ihrer Aufgabenstruktur (rechts).	76

A.8 Inter-Item-Korrelation der 32 Items aus dem Footbonaut Short Passing Test auf den zwei Skalen „mit Drehung“ und „ohne Drehung“. X2 bis X31 sind Items, bei denen die Testaufgabe eine Drehung mit Ball erfordert. Die Sättigung der Farbe verändert sich mit der Höhe des Korrelationskoeffizienten.	77
A.9 Boxplots mit Median, Interquartilsabstand, Minimum, Maximum und Ausreißer der Testleistungen aus verschiedenen Tests zur motorischen Schnelligkeit, zur Informationsverarbeitung und zu Kennwerten aus dem Footbonaut Short Passing Test in Abhängigkeit von der Teamzugehörigkeit ($n = 44$).	78
A.10 Zweidimensionale Matrix mit sortierten Spalten. Die Zellen beinhalten die standardisierten Werte der jeweiligen Testleistungen. Die Gruppierung erfolgte durch eine Hierarchische Clusteranalyse ($n = 44$).	79
A.11 Angenommenes Strukturgleichungsmodell unterteilt nach Mess- und Strukturmodell. Plus- und Minus-Symbole geben die angenommenen Vorzeichen der Koeffizienten an.	80
A.12 Grafische Inspektion der beobachteten (observed) und im Modell geschätzten (implied) Korrelationsstruktur.	81
A.13 Abbildung des empirischen Strukturmodells mit den Indikatorvariablen in eckigen Umrandungen und den latenten Variablen umrandet von Kreisen. Die angezeigten standardisierten Schätzparameter geben Auskunft über die Stärke des Zusammenhangs zwischen den Variablen.	82
A.14 Zusammenhang ($r(460) = -.01, p = .53$) zwischen der mittleren Handlungszeit und der mittleren Treffergenauigkeit im Footbonaut. Abgebildet sind Ergebnisse aus 462 Sessions mit 79 Teilnehmern (Berliner Messreihe).	83
A.15 Boxplots mit Median, Interquartilsabstand, Minimum, Maximum und Ausreißer der Handlungszeiten pro Session aus dem Footbonaut Short Passing Test in Abhängigkeit der Leistungsgruppen ($n = 79$).	84
A.16 Boxplots mit Median, Interquartilsabstand, Minimum, Maximum und Ausreißer der Trefferquoten pro Session aus dem Footbonaut Short Passing Test in Abhängigkeit der Leistungsgruppen ($n = 79$).	85

A.17 Dargestellt sind die mittels linear gemischtem Modell (Modell 2) zu erwartenden Handlungszeiten in Abhängigkeit der Session und der Leistungsgruppen ($n = 79$).	86
A.18 Dargestellt sind die mittels linear gemischtem Modell (Modell 1) zu erwartenden Trefferquoten in Abhängigkeit der Session ($n = 79$).	87
A.19 Dargestellt ist der Zusammenhang ($r(619) = -.31, p < .001$) zwischen der mittleren Handlungszeit und der mittleren Treffgenauigkeit im Footbonaut. Abgebildet sind Ergebnisse aus 621 Sessions mit 154 Teilnehmern.	88
A.20 Effekte der Spielposition auf die Handlungszeit in Abhängigkeit des Alters (Fox & Weisberg, 2019). Die Grundlage bilden die geschätzten Zeiten aus dem linear gemischten Modell.	89
A.21 Effekte der Spielposition auf die Trefferquote in Abhängigkeit des Alters (Fox & Weisberg, 2019). Die Grundlage bilden die geschätzten Trefferquoten aus dem linear gemischten Modell.	90
A.22 Erwartete Handlungszeit pro Session in Abhängigkeit des Alters.	91
A.23 Erwartete Trefferquote pro Session in Abhängigkeit des Alters.	92
A.24 Boxplots mit Median, Interquartilsabstand, Minimum, Maximum und Ausreißer der Anzahl der im Training gespielten Bälle (ohne Footbonaut Short Passing Test) in Abhängigkeit der Altersgruppen.	93
A.25 Abseits des Footbonaut Short Passing Tests wurden im Rahmen des regulären Trainings auch Einheiten im Footbonaut absolviert. Die individuellen Regressionskoeffizienten für die Trefferquote wurden einem LME-Modell ($\text{Trefferquote} \sim \text{Session} + (\text{Session} \text{Spieler})$) entnommen. .	94
A.26 Abseits des Footbonaut Short Passing Tests wurden im Rahmen des regulären Trainings auch Einheiten im Footbonaut absolviert. Die individuellen Regressionskoeffizienten für die Handlungszeiten wurden einem LME-Modell ($\text{Handlungszeit} \sim \text{Session} + (\text{Session} \text{Spieler})$) entnommen.	95

Tabellenverzeichnis

B.1	Mittelwerte, Standardabweichungen sowie Zusammenhangsmaße für die Schnelligkeit im Footbonaut und der Schnelligkeit bei einfachen Testaufgaben (Berliner Studienreihe).	97
B.2	Anthropometrische und trainingsbezogene Merkmale der untersuchten Leistungsgruppen (n = 79, Berliner Studienreihe).	98
B.3	Datenbankauszug: Anzahl der Teilnehmer und Teamzugehörigkeit in der Hoffenheimer Studienreihe (n = 271, Hoffenheimer Studienreihe).	98
B.4	Handlungszeiten in Abhängigkeit der Subskalen des Footbonaut Short Passing Tests.	99
B.5	Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Hauptkomponentenanalyse für die Testsession im Footbonaut (n = 259).	100
B.6	Zusammenfassung der zwei konfirmatorischen Faktorenanalysen des Footbonaut Short Passing Tests (n = 259).	101
B.7	Korrelationsmatrix (Pearson) für das Strukturgleichungsmodell (Hoffenheimer Studienreihe, n = 44).	101
B.8	Vollständige Auflistung der Parameterschätzungen und des Modellfits aus dem Strukturgleichungsmodell. Estimates sind standardisiert (Std.all) und nicht standardisiert ausgegeben (n = 44, Hoffenheimer Studienreihe).	102
B.9	Mittelwerte und Standardabweichungen der Handlungszeiten und Trefferquoten im Footbonaut Short Passing Test (Berliner Testreihe) in Abhängigkeit von der Gruppenzugehörigkeit und der gespielten Session.	103

B.10 Zusammenfassende Darstellung der verschiedenen Modelle. Überprüft wurde der Einfluss der Messwiederholung (Session) und der Gruppenzugehörigkeit auf die Handlungszeit (HZ) im Footbonaut Short Passing Test (n = 79, Berliner Studienreihe).	104
B.11 Zusammenfassende Darstellung der verschiedenen Modelle. Überprüft wurde der Einfluss der Messwiederholung (Session) und der Gruppenzugehörigkeit auf die Trefferquote (TQ) im Footbonaut Short Passing Test (n = 79, Berliner Studienreihe).	105
B.12 Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Handlungszeiten und Trefferquoten im Footbonaut Short Passing Test (Hoffenheimer Studienreihe) in Abhängigkeit von der Spielposition und des Alters.	106
B.13 Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Handlungszeiten und Trefferquoten in Abhängigkeit vom Alter und des Indexes der Session (Hoffenheimer Studienreihe).	107
B.14 Zusammenfassende Darstellung der verschiedenen Modelle. Überprüft wurde der Einfluss der Messwiederholung (Session), der Spielposition und des Alters auf die Handlungszeit (HZ) im Footbonaut Short Passing Test (n = 154, Hoffenheimer Studienreihe).	108
B.15 Zusammenfassende Darstellung der verschiedenen Modelle. Überprüft wurde der Einfluss der Messwiederholung (Session), der Spielposition und des Alters auf die Trefferquote (TQ) im Footbonaut Short Passing Test (n = 154, Hoffenheimer Studienreihe).	109

Abkürzungsverzeichnis

CFA	Confirmatory Factor Analysis
CMJ	Counter Movement Jump
D2	Aufmerksamkeits-Belastungstest
DT	Determinationstest
FSPT	Footbonaut Short Passing Test
HAMAR	Alaktazider Sprungkrafttest
HGT	Handlungsgeschwindigkeitstest
HZ	Handlungszeit
IQR	Interquartile Range
KMO	Kaiser-Meyer-Olkin
LME4	Linear Mixed-Effects Models using 'Eigen' und S4
LS30	30 m Linearsprint
LSPT	Loughborough Passing Test
M	arithmetischer Mittelwert
MIS	Mess- und Informationssystem
NLZ	Nachwuchsleistungszentrum

PCA	Principal Component Analysis
s	Sekunden
SD	Standardabweichung
SEM	Structural Equation Model
TQ	Trefferquote
TSG	TSG 1899 Hoffenheim
VSS	Very Simple Structure
W28	28 m Wendigkeitslauf

Kapitel 1

Einführung

Im Fußball steht der Erfolg als Synonym für gewonnene Spiele und Meisterschaften. Sportlicher Erfolg ohne ein systematisches Training ist undenkbar. Dazu gehört auch das Beurteilen des aktuellen Leistungsstandes¹ mittels geeigneter Messmethoden (Schnabel et al., 2009, S.52). Diese Beurteilung wird im Rahmen komplexer Leistungsdiagnostiken realisiert, die Auskunft über Stärken und Schwächen des Sportlers in bestimmten Bereichen geben können. Der Einsatz von Messungen begrenzt sich allerdings nicht nur auf den Beginn und das Ende eines Trainingzeitraums, sondern muss auch im Trainingsverlauf erfolgen. Idealerweise wird jede relevante Wettkampf- und Trainingshandlung quantifiziert. Dieses Vorgehen ermöglicht eine Beurteilung der Wirksamkeit des Trainings, aufgrund derer Änderungen und Anpassungen im Trainingsprozess vorgenommen werden können (Schnabel et al., 2009, S.52). Ferner gibt es die Möglichkeit, Entwicklungsverläufe zu vergleichen und Prognosen zu erstellen.

Gegenstand

Innovationen auf dem Gebiet der Trainings- und Diagnosegeräte werden stetig vorangetrieben. Gerade im Fußball, wo bekanntlich die wirtschaftlichen Voraussetzungen im Vergleich zu anderen Sportarten sehr ausgeprägt sind, ist der Innovationsvortrieb bei Messgeräten hoch. Ein Produkt dieser rasanten Entwicklung ist der Footbonaut (Cgoal GmbH Berlin), der in Deutschland an drei Standorten aufgebaut ist und von zwei

¹Mit Leistung ist hier nicht der physikalische Leistungsbegriff gemeint. Im Englischen würde man den Begriff performance verwenden

Vereinen der Bundesliga regelmäßig im Training und der Diagnostik verwendet wird. Das System erfordert zur Unterbringung ein separates Gebäude und die Gesamtkosten liegen im geschätzten siebenstelligen Bereich. Mit diesem Diagnose- und Trainingsgerät sollen insbesondere Ballannahmen und -mitnahmen sowie Kurzpässe unter dem Aspekt der Schnelligkeit und der Genauigkeit quantifiziert werden.

Der Footbonaut in Training und Diagnostik

Bisher ist der Einsatz des Systems in der Leistungsdiagnostik und im Training weitestgehend unerforscht. Neben Erfahrungswerten von Trainern und Entwicklern, die das System täglich nutzen, gibt es nur eine geringe Anzahl an publizierten Studien, die den Footbonaut als Messgerät zum Gegenstand haben. Untersuchungen, die den Footbonaut als Trainingsmittel zum Forschungsgegenstand haben, fehlen gänzlich. Wird der Suchbegriff „Footbonaut“ bei Google Scholar eingegeben, erhält man lediglich 89 Treffer². Ein Großteil davon sind keine begutachtenden Studien, sondern eher Berichte oder lediglich Nennungen der Existenz des Systems. Es mangelt insbesondere an Studien zur Validität und Reliabilität, bekannt als Gütekriterien für Untersuchungsinstrumente (Bortz & Doering, 2006, S.88). Informationen, die in populärwissenschaftlichen Veröffentlichungen gestreut werden, basieren stattdessen auf Augenscheinvalidität, Bauchgefühl und sind empirisch nicht belegt. Diese Arbeit versucht die Forschungslücke im Bereich Messen und Testen mit dem Footbonaut zu füllen und erste empirische Ergebnisse zu liefern.

Allgemeine Forschungsfragen

Folgende allgemeine Forschungsfragen werden den Untersuchungen vorangestellt:

1. Wie valide und zuverlässig sind Tests mit dem Footbonaut?
2. Welche Eigenschaften werden im Footbonaut erfasst?
3. Mit wem sollte trainiert werden und mit wem nicht?
4. Welche Eigenschaften können mit dem Footbonaut trainiert werden?

²Stand 09. Januar 2019

5. Wie muss im Footbonaut trainiert werden?
6. Lassen sich mögliche Trainingseffekte auf den Wettkampf transferieren?

Aufbau der Forschungsarbeit

Nicht alle Fragen können in dieser Dissertation bearbeitet und beantwortet werden. Diese Arbeit beinhaltet lediglich den Teil der Erstellung und Überprüfung eines standardisierten Tests innerhalb des Footbonauts und dem explorativen Aufdecken leistungsrelevanter Merkmale (Punkt 1 und Punkt 2). Der Text beginnt mit einer theoretischen Einführung in das Thema (Kap. 1). Dieses Kapitel ist in drei Teile gegliedert. Der erste Teil gibt einen Überblick über themenrelevante Theoriepositionen zur sportlichen Leistung im Fußball. Der zweite Teil befasst sich mit positionsspezifischen Anforderungsprofilen im technisch-taktischen Bereich. Anschließend werden im dritten Teil Möglichkeiten der Diagnostik von technisch-taktischen Leistungsvoraussetzungen, speziell für das Kurzpassspiel, aufgezeigt. Darauf aufbauend werden spezielle Forschungsfragen und Hypothesen formuliert. Danach folgt ein Überblick über die Stichproben und die verwendeten Messinstrumente (Kap. 2). Kapitel 3 beinhaltet den Kern dieser Dissertation; die empirischen Untersuchungen. Darauf folgt eine kritische Auseinandersetzung mit den Methoden und den Ergebnissen der empirischen Untersuchungen. Abschließend werden trainingspraktische Konsequenzen formuliert und ein Ausblick auf weitere mögliche Forschungsarbeiten gegeben (Kap. 4).

1.1 Theoriepositionen

Ausgangspunkt

Für jeden Sportwissenschaftler³ und Trainer sind Theorien und empirische Modelle, die das Zustandekommen sportlicher Leistung erklären und Wettkampfanforderungen näher beschreiben, der Ausgangspunkt aller Bemühungen. Hohmann et al. (2014, S. 41) führen dazu aus:

³In der folgenden Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich auf Personen jeglichen Geschlechts.

Aus der generellen Aufgabe der Trainingswissenschaft, eine wissenschaftliche Fundierung des sportlichen Trainings zu erarbeiten, folgt unmittelbar, dass die Modellbildung zur Struktur der sportlichen Leistung eine ihrer zentralen Aufgaben darstellt. Denn erst auf der Basis gültiger Modelle der Leistungsstruktur lassen sich wissenschaftlich begründete Handlungsempfehlungen für das sportliche Training ableiten. [...] Von besonderem Interesse ist aber nicht nur die Aufzählung einzelner Elemente im System [...], sondern auch die Charakterisierung der Wechselwirkungen oder des Bedingungsgefüges innerhalb des Systems.

Ähnliche Ansichten sind auch bei Zinner (1987, S. 21) zu finden, der sich schon früh für eine sportartspezifische Modellbildung mittels multivariater Statistik einsetzte⁴.

Innerhalb der Genese der Sportwissenschaft entstanden eine Vielzahl solcher Heuristiken⁵ und Erklärungsmodelle, die sich in ihrer Spezifikation und ihrer Komplexität unterscheiden. Hohmann et al. (2014) unterscheiden allgemein zwischen Modellen mit und ohne Kriteriumsleistung. Die erste Gruppe der Modelle beruht lediglich auf einer Nennung der einzelnen Komponenten und vernachlässigt den Autoren nach die Charakterisierung der Wechselwirkungen. Zur zweiten Gruppe der Erklärungsmodelle zählen Hohmann et al. (2014) solche, die „explizit“ auf den Zusammenhang zwischen Einflussgrößen und Kriterium eingehen. Die Autoren halten fest, dass die bekanntesten Modelle in der Trainingswissenschaft der ersten Gruppe angehören und „[...] modelltheoretisch auf einer Stufe verblieben, die als „boxology“ bezeichnet werden kann.“ (Hohmann et al., 2014, S. 48)

In dieser Arbeit werden Erklärungsmodelle weder in Frage gestellt, noch verglichen und diskutiert. Vielmehr soll eine kleine Auswahl solcher Modelle eine theoretische Grundlage bilden, um die Aufgabenspezifik im Footbonaut und die daraus folgenden Bedingungen und Abhängigkeiten verschiedener Eigenschaften der Sportler (in diesem Fall: Fußballer) abzuleiten und zu strukturieren. Speziell für den Footbonaut als Trainings- und Messgerät sind Kenntnisse über das zu messende Merkmal und die zugrundeliegenden Einflussgrößen von enormer Wichtigkeit für die sinnvolle und zweck-

⁴ Aktuell auch zur Nutzung von multikriteriellen und FUZZY-Entscheidungsverfahren in der Talentdiagnostik (Esther & Zinner, 2019)

⁵ Wenn an dieser Stelle der Begriff Heuristiken verwendet wird, dann ist damit nicht ausgeschlossen, dass Teile der Erklärungsmodelle empirisch überprüft wurden.

mäßige Nutzung des Gerätes. Das betrifft insbesondere die Trainingsplanung, die „sowohl die Konzipierung des langfristigen Leistungsaufbaus einer Sportart als auch die begründete Gestaltung des Trainings für mittel- und kurzfristige Zeiträume“ (Schnabel et al., 2009, S. 443) umfasst. Die Trainingsplanung ist als Prozess zu verstehen, der auch die Dokumentation und Auswertung beinhaltet (dazu auch Schnabel und Thieß, 1986). Daraus ergeben sich zwingend Überlegungen zur Integration des Footbonauten im speziellen Trainingsprozess. Im Mittelpunkt dieser Überlegungen stehen beispielsweise die Einsatzdauer, der Zeitpunkt des Einsatzes und der Personenkreis, der den Footbonaut nutzen soll. Ziel eines Footbonauttrainings ist die Verbesserung der Handlungsschnelligkeit bei Passaktionen sowie die damit verbundene Überprüfung des Leistungsstandes für diesen spezifischen Leistungsparameter. Derzeit ist allerdings unklar, ob die erfassten Parameter tatsächlich die Handlungsschnelligkeit von Passaktionen widerspiegeln und wie sich die Parameter unter bestimmten Bedingungen verändern.

Eine allgemeine Struktur zur Erklärung der sportlichen Leistung liefern Schnabel et al. (2009, S.48). Dem Autorenkollektiv nach wird der sportliche Erfolg an der angestrebten sportlichen Leistung gemessen. Die sportliche Leistung wiederum steht als Synonym für das Zustandekommen und das Ergebnis einer sportlichen Handlung. Folgerichtig wird versucht die Bedingungen zu identifizieren, die die sportliche Leistung günstig oder ungünstig beeinflussen. In dem Standardwerk der Trainingswissenschaften von Schnabel et al. (2009) werden diese Bedingungen stringent als Leistungsvoraussetzungen bezeichnet. In diesem Erklärungsmodell werden die Voraussetzungen zur Vereinfachung als Voraussetzungskomplexe dargestellt. Eine grobe Unterteilung erfolgt nach:

1. Konstitution
2. Kondition
3. Technik-Koordination
4. Strategie und Taktik⁶
5. Persönlichkeit-Handlungskompetenz

⁶Wird in einem einfacheren Modell dem Komplex Persönlichkeit-Handlungskompetenz zugeordnet.

Die Ausprägungen dieser Komplexe werden in dieser trainingswissenschaftlichen Theorie als Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft bezeichnet. Ein für die Sportarten ausgelegtes, ebenfalls deutsches Modell bietet die Heuristik von Stiehler et al. (1988, S. 47), die zusätzlich kollektive Leistungsvoraussetzungen (z.B. Mannschaftsstruktur und Besetzung der Positionen, Qualität der sozialen Beziehungen oder Kooperationsfähigkeit) mit einbeziehen.

Bei Hohmann und Brack (1983) erfolgt die Strukturierung der sportlichen Leistung in den Sportsportarten mithilfe eines Pyramiden- und eines Kegelmodells. Diese Art der Darstellung beinhaltet verschiedene hierarchisch geordnete Ebenen. Dabei nimmt der Komplexitätsgrad von den unteren zu den oberen Ebenen zu, wobei die Merkmale der unteren Ebene die in den höherliegenden Ebenen (nicht umgekehrt) bedingen bzw. beeinflussen (Letzelter & Letzelter, 1982). Die Basis der Modelle von Hohmann und Brack (1983) bilden allgemeine Leistungsvoraussetzungen, die ihre Ausprägung in speziellen Leistungsvoraussetzungen zeigen. Die Decke bzw. die Spitze der Pyramide beschreibt das Wettkampfvverhalten (Spielfähigkeit, Spielwirksamkeit, Spielleistung) (Hohmann et al., 2014, S. 47).

Aus dem angloamerikanischen Raum ist das Agility-Modell⁷ hervorzuheben. Agility wird nach Sheppard et al. (2006, S. 923) definiert als: „a rapid whole body movement with change of velocity or direction in response to stimulus“. In diesem Erklärungsmodell wird das Konstrukt Agility vorrangig durch die Ausprägungen von zwei Positionen bestimmt.

1. Perceptual and Decision Making Factors
2. Change of Direction Speed

Die Unterscheidung zwischen motorischen und kognitiven Komponenten⁸ lässt sich auch im Strukturmodell von Schnabel et al. (2009) sowie Hohmann et al. (2014) wiederfinden⁹. In der Mannschaftssportart Fußball werden Schnelligkeitsleistungen, insbesondere die Handlungsschnelligkeit, als zentrale Größen angesehen. Die Handlungs-

⁷Dieses Modell erhebt nicht den Anspruch die sportliche Leistung zu erklären. Agility ist eher als Einflußgrößenkomplex zu verstehen.

⁸Werden im weiteren Verlauf in Anlehnung an Hohmann et al. (2014) auch als motorische und informatorische Schnelligkeit bezeichnet

⁹Eine strikte Trennung ist per se nicht möglich, da es sich um ein Bedingungsgefüge handelt, in dem die einzelnen Strukturkomponenten voneinander abhängig sind.

schnelligkeit wird dem Bereich Schnelligkeit zugeordnet. Sie nimmt eine gesonderte Rolle ein, da sie „im hohen Maß zusätzlich zu den koordinativ-konditionell determinierten Leistungsvoraussetzungen auch vom Niveau der strategisch taktischen bzw. technisch-taktischen Leistungsvoraussetzungen abhängt“ (Schnabel et al., 2009, S. 174). Präzisiert wird folgendermaßen: „Ausdruck des Niveaus der Handlungsschnelligkeit ist die für die *kognitiven Prozesse* (geistige Schnelligkeit) und für die *motorische Lösung* der Handlungsaufgabe (motorische Schnelligkeit) benötigte Gesamtzeit [...]“ (Schnabel et al., 2009, S. 174). Als wesentliche Komponenten der Handlungsschnelligkeit werden die Reaktionszeit (insbesondere Wahlreaktion) und die Bewegungsschnelligkeit angesehen. Nach I. Konzag (1990) verwenden Sportler in den Spportsportarten 75 % der Gesamthandlungszeit für informationsaufnehmende und -verarbeitende Prozesse. Der Parameter Handlungszeit setzt sich demnach aus der Zeit die für kognitive und motorische Aktionen aufgewendet wird. Das unterstreicht die Bedeutsamkeit des Konstruktes Handlungsschnelligkeit für die Beurteilung und Analyse der Resultate aus dem Footbonaut.

1.2 Bedeutung des Passspiels im Fußball

Das Zuspiel bzw. Passen ist ein zentrales technisch-taktisches Mittel, um den Spielaufbau einzuleiten. Verschiedene Formen des Spielaufbaus dienen dazu, eine Torchance vorzubereiten. Es verwundert nicht, dass Pässe im Spiel ein Großteil der Aktionen mit Ball ausmachen. In einer eigenen Analyse anhand von 306 Bundesligaspielen aus der Saison 2016/17 (Datenanbieter Opta F24 Feed) zeigt sich, dass 74 % aller Spielsituationen Pässe sind (ohne Eckbälle, Freistöße und Einwürfe). Die mittlere¹⁰ Länge der Pässe wird mit $16\text{ m} \pm 12\text{ m}$ angegeben. Dies bedeutet, dass 68 % aller Pässe über eine Strecke von vier bis 28 m gespielt werden. Wallace und Norton (2014) konnten zeigen, dass sich die effektive Spielzeit¹¹ in den WM-Finalspielen von 1966-2010 verringert und die Gesamtdauer der Spielunterbrechung erhöht hat. Parallel dazu nahm die (Ball-)Passgeschwindigkeit in diesem Zeitraum um 15 % und die Passgenauigkeit um 35 % zu. Schlussfolgernd kann angenommen werden, dass die Intensität und damit die Anforderungen an jeden einzelnen Spieler im Laufe der Zeit gestiegen sind. Im

¹⁰arithmetisches Mittel mit Standardabweichung

¹¹Spielzeit abzüglich der Spielunterbrechungen

heutigen Hochleistungsfußball bleibt dem Spieler nur ein geringes Zeitfenster um seine Spielhandlungen auszuführen. Umso wichtiger ist es antizipatorische Strategien zu entwickeln und anzuwenden, den ersten Ballkontakt zu optimieren und die Bewegungszeit (bspw. Schwungphase Schussbein) bei Passhandlungen zu minimieren sowie die Passgeschwindigkeit- und Genauigkeit zu erhöhen.

Das Erstellen von Spielerprofilen ist in der Nachwuchsförderung und Talentidentifikation ein weit verbreitetes Verfahren. Dabei wird vor allem die Spielposition des Spielers berücksichtigt. Eine Fußballmannschaft besteht im Spiel aus 11 Spielern, die spezielle Aufgaben und Rollen auf ihrer Position ausfüllen. Diese Rollen und Aufgaben werden maßgeblich vom Trainer vorgegeben und vom Spieler interpretiert. Eine klassische Startformation ist das 1-4-4-2 oder aber auch das 1-3-4-3. Innerhalb eines Spiels wird die taktische Grundordnung oftmals dem Spielverlauf angepasst. Spieler tauschen die Positionen oder wechseln das taktische Verhalten innerhalb ihrer Position. Eine grobe Unterteilung kann dennoch in Verteidigung, Mittelfeld und Sturm erfolgen. Fügt man die Dimensionen Innen und Außen hinzu, erhält man beispielsweise Innenverteidiger und Außenverteidiger. Was unterscheidet den Stürmer von einem Außenverteidiger, bspw. im technisch-taktischen Bereich? Welche besonderen Eigenschaften sollte ein zentraler Mittelfeldspieler haben? In wissenschaftlichen Arbeiten ist dieses Thema bisher weitestgehend unberührt geblieben. Eine Möglichkeit solch positionsspezifische Konstrukte zu operationalisieren, besteht darin, Trainer und Experten zu befragen. Eine andere Herangehensweise beinhaltet die Analyse von Spieldaten (Carling et al., 2005). Kenntnisse über den Zusammenhang von technisch-taktischen Leistungsvoraussetzungen, insbesondere der Handlungsschnelligkeit bei Passaufgaben, und der Spielposition sind für den Einsatz des Footbonauten in Training und Diagnostik durchaus hilfreich.

In den folgenden Abschnitten werden die Bedeutung der Handlungsschnelligkeit und die Bedeutung der Spielposition im Passspiel näher beleuchtet.

Bedeutung der Handlungsschnelligkeit im Passspiel

Die durchschnittliche Dauer des Ballbesitzes für ausgewählte Spielsituationen kann mit 2 s angegeben werden, wobei 50 % aller Werte zwischen 1-2 s liegen (eigene Analyse, Opta F24 Feed). Diese Angaben liegen etwas über den Angaben von Carling (2009), der die durchschnittliche Ballkontaktzeit mit 1.1 ± 0.1 s bei 2.0 ± 0.2 Ballkontakten an-

gibt¹². Interessanterweise ist ein Spieler im Mittel lediglich 53.4 ± 8.1 s pro Spiel im Ballbesitz (Carling, 2009). Stellt man sich dazu vor, dass eine um 0.02 s kürzere Reaktionszeit eine Ballflugstrecke von 50 Zentimetern entspricht (bei einer angenommenen Fluggeschwindigkeit des Balles von 90 km/h), dann untermauert das die Bedeutung der Handlungsschnelligkeit in der Ballannahme, -mitnahme und -weiterleitung. Der Spieler hat also den Ball überwiegend nicht am Fuß, muss aber wenn er ihn hat, in Bruchteilen von Sekunden die richtigen Entscheidungen treffen und erfolgreich ausführen. Die Genauigkeit der Pässe kann über die Passquote geschätzt werden; aktuell liegt sie in der Bundesliga zwischen 76 und 89 %¹³. Vergleichbare Zahlen lassen sich auch in anderen Ligen und Wettbewerben finden (Hughes & Franks, 2005; Yang et al., 2018). Ob die Passquote und der Ballbesitz eine Kenngröße ist, die in Bezug zum Ausgang des Spieles gesetzt werden kann, wird häufig diskutiert und konnte bislang nicht eindeutig nachgewiesen werden (Castellano & Casamichana, 2015; Castellano et al., 2012; Hughes & Franks, 2005; Lago-Peñas et al., 2010; H. Liu, Hopkins et al., 2016; Scoulding et al., 2004).

Spielerprofile aus der Sichtweise von Experten

Wiemeyer (2003) befragte 14 Trainer im Rahmen einer Studie nach positionsspezifischen Leistungsindikatoren. Als Teilergebnis dieser Studie kann festgehalten werden, dass die Trainer keine übereinstimmenden Indikatoren für die einzelnen Spielpositionen liefern konnten.

Hughes et al. (2012) nutzten eine Sportkonferenz mit dem Schwerpunktthema „Performance Analysis“, um eine Expertenrunde zu befragen. Die Expertenrunde bestand aus 51 Sportstudenten und 15 Experten mit Erfahrungen in Performance Analysis. Die fünf erfahrensten Teilnehmer wurden als Mentoren ernannt um die Diskussionsgruppen zu führen und zu moderieren. Es wurden insgesamt sieben Diskussionsgruppen – eine Gruppe für jede Spielposition (Goalkeeper, Full Backs, Center Backs, Holding Midfield, Wide Midfield, Attacking Midfield and Strikers) – gebildet. Aufgabe war es, Leistungsindikatoren für die jeweilige Spielposition zu definieren. Die Indikatoren sollten in fünf Kategorien (Physiological, Tactical, Technical-Defending, Technical-Attacking and Psy-

¹²Ähnliche Ergebnisse berichten auch Link und Hoernig (2017)

¹³<https://www.bundesliga.com/de/statistiken/bundesliga/aktuelle-saison/alle-spieltage/club-statistik> abgerufen am 12.03.2019

chological) eingeordnet werden. Die Indikatoren für die Feldspieler waren sehr ähnlich gewählt, lediglich die Rangfolge unterschied sich. Die Autoren bildeten daraus ein generisches Set von Indikatoren für Feldspieler. Das „Passen“ (Passfertigkeit) stellte sich als Indikator für den Bereich Technik-Taktik über sämtliche Positionen hinweg heraus. Schlussfolgernd konnten in dieser Studie keine speziellen Indikatoren für die Spielpositionen gefunden werden.

Als Rückschluss aus diesen beiden Studien ergibt sich die Vermutung, dass das Passspiel über sämtliche Spielpositionen hinweg gleichsam beherrscht werden sollte. Eine andere Herangehensweise zur Beurteilung des Passspiels in Abhängigkeit von der Spielposition ergibt sich aus der fortschreitenden Datenerhebung im Fußball. Hier wird versucht aus messbaren Spielsituationen oder aggregierten Messgrößen ein Profil für Spielpositionen zu erstellen.

Spielerprofile auf der Basis von Spieldaten

Yi et al. (2018) verwenden Eventdaten vom Sportdatenlieferanten Opta. Über einen Zeitraum von acht Saisons (2009/2010 bis 2016/17) wurden Daten von 1990 Spielern gesammelt. Die Gruppierung der Spielpositionen erfolgte in Central Defender, Full Back, Central Midfielder, Wide Midfielder und Forwards. Auf der Basis verschiedener Artikel und Berichte wählten die Autoren 18 technisch-taktische Variablen aus, bei denen ein Bezug zur Wettkampfleistung angenommen werden kann. Aus den 18 Variablen wurden drei Gruppen erstellt (Variables Related to Goal, Variables Related to Passing and Organizing, Variables Related to Defending). Die Autoren konnten Unterschiede zwischen Verteidigern und Stürmern in der Kategorie „Variables Related to Passing and Organising“ finden. Stürmer hatten weniger Ballkontakte, kamen auf weniger Pässe und weniger gespielte vertikale Pässe (parallel zur Seitenauslinie) als Verteidiger und Mittelfeldspieler. Erstaunlicherweise zeigten die Außen-Mittelfeldspieler insgesamt bessere Werte im Passen und Organisieren als zentrale Mittelfeldspieler. Diese wiederum generierten eine höhere Anzahl an Dribblings und Vorlagen¹⁴.

Nach einer umfangreichen Datenauswertung über 7 Saisons (2006/2007 bis 2012/2013) der englischen Premier League konnte sehr eindrucksvoll belegt werden, dass sich

¹⁴Yi et al. (2018) verwendeten MBI (magnitude-based inference) um die Effekte zu bestimmen. Dieses Verfahren ist nicht unproblematisch und häufig kritisiert (Impellizzeri et al., 2019; Nevill et al., 2018; Sainani et al., 2019)

in diesem Zeitraum die technisch-taktischen und die konditionellen Anforderungen an einen Spieler deutlich erhöht haben (Barnes et al., 2014; Bush et al., 2015). Dies zeigt sich in einem Anstieg der Passgenauigkeit und der Passanzahl, insbesondere bei den zentralen Mittelfeldspielern. Redwood-Brown et al. (2012) konnten zeigen, dass Central Midfielder und Full Backs mehr Pässe spielen als Spieler auf anderen Positionen. Bezogen auf die erfolgreichen Pässe gibt es Anzeichen, dass zentrale Mittelfeldspieler mehr erfolgreiche Pässe spielen, als Stürmer und Verteidiger (Dellal et al., 2010).

Auf der Basis von Passdaten aus zwanzig Spielen (La Liga und Premiere League) und einer Auswertung der FIFA WM 2014 konnten Unterschiede eines „Centrality Scores“ zwischen den Spielpositionen nachgewiesen werden. Dieser Wert spiegelt die Bedeutung eines Spielers innerhalb eines Netzwerkes wider (Clemente et al., 2017; Clemente et al., 2015). Mittelfeldspieler zeigten die höchsten Centrality-Werte, gefolgt von den Verteidigern. In einer weiteren Studie stellen die Autoren heraus, dass Kennwerte eines Netzwerkes (basierend auf erfolgreichen Pässen) zwar einen Bezug zu den erspielten Chancen haben, jedoch nicht sensitiv genug sind, um in Verbindung mit dem Endergebnis gebracht zu werden können (Clemente, 2018).

Im Gegensatz zu den Expertenmeinungen wurden auf der Basis von Spieldaten positionsspezifische technisch-taktische Unterschiede gefunden. Insbesondere in der Gesamtanzahl und der Anzahl der erfolgreich gespielten Pässe wurden diese Unterschiede zwischen den Spielpositionen deutlich.

Experimentell untersuchte Spielerprofile

Gibt es einen Unterschied in der Qualität und Quantität der Wahrnehmungs- und Informationsverarbeitung zwischen Spielern auf bestimmten Spielpositionen? Schumacher et al. (2018) gingen in einer Studie mit leistungsorientierten Fußballspielern ($n = 178$) der Frage nach. Die Teilnehmer der Studie führten einen Aufmerksamkeitstest und einen einfachen Reaktionstest mit akustischen und optischen Stimuli durch. Die Ergebnisse zeigten keine signifikanten Unterschiede der Aufmerksamkeitsleistungen zwischen den Spielpositionen (Torhüter, Verteidiger, Mittelfeld und Stürmer). Jedoch berichten die Autoren, dass es eine Tendenz dahingehend gibt, dass offensive Spieler schneller aber auch fehlerhafter reagieren. Bei den einfachen Reaktionsaufgaben konnten lediglich Unterschiede in der Reaktionszeit zwischen Stürmer und Mittelfeldspieler (visuell)

und Abwehrspieler und Mittelfeldspieler nachgewiesen werden (akustisch). Zusammenfassend konnte in dieser Studie hinsichtlich der Aufmerksamkeitsleistung und der Reaktionsschnelligkeit bei einfachen Reaktionsaufgaben keine inhaltlich nachvollziehbaren Unterschiede zwischen den Spielpositionen beobachtet werden.

In der Mannschaftssportart Handball konnte an einer Stichprobe von 652 weiblichen Handballspielerinnen aufgezeigt werden, dass Unterschiede zwischen Leistungsgruppen (Elite, Sub Elite, Regional) auch über sportartspezifische Messungen der Reaktionszeit (Basketball-Reaktionstest nach Prätorius (2008)) nachzuweisen sind. Hingegen konnten keine positionsspezifischen Unterschiede bei der Reaktionsschnelligkeit gefunden werden (Weber et al., 2018).

Zusammenfassung

Zusammenfassend erscheint es äußerst schwierig, technisch-taktische Indikatoren in Abhängigkeit von der Spielposition zu definieren. Insbesondere die verwendeten Zielgrößen zu den Passaktionen können in Frage gestellt werden. Aus Befragungen geht hervor, dass das Passspiel kein positionsspezifischer Indikator ist. Hingegen zeigen Analysen von Spieldaten ein etwas anderes Bild, was die Anzahl und Qualität von Pässen betrifft. Hier konnten positionsspezifische Unterschiede festgestellt werden. Andererseits kann aus experimentellen Studien angenommen werden, dass es hinsichtlich von Reaktionsleistungen unter einfachen Bedingungen keine positionsspezifischen Unterschiede gibt.

1.3 Diagnostik der Schnelligkeit und Genauigkeit von Passaufgaben

In der sportwissenschaftlichen Literatur sind verschiedene diagnostische Verfahren bekannt, die im Kern Passaufgaben beinhalten. In den kommenden Abschnitten werden einige dieser Verfahren vorgestellt. Im Allgemeinen müssen die Spieler die Aufgaben in diesen Passtests so schnell und präzise wie möglich lösen. Die zumeist verwendeten Zielkonstrukte sind die Genauigkeit und die Schnelligkeit.

Handlungsgeschwindigkeitstest

Zwischen 1970 und 1990 wurden in der DDR umfangreiche Studien durchgeführt, mit dem Ziel „der Objektivierung wichtiger psychologischer Einflussgrößen“ (G. Konzag, 1979). Ein Test, der dem Footbonaut Short Passing Test (FSPT) nahekommt, war der Handlungsgeschwindigkeitstest (HGT) nach G. Konzag (1979). Mit dem HGT wurden Quer- und Längsschnittstudien an Fußballspielern ($n = 522$) verschiedener Altersklassen durchgeführt. Hauptergebnisse und mögliche Rückschlüsse sind in verschiedenen Quellen zusammengefasst (G. Konzag, 1979, 1983; I. Konzag, 1990). Für diese Arbeit relevante Hauptergebnisse sind:

1. Die Handlungszeit verringert sich vom Kindes- zum Erwachsenenalter.
2. Es konnten signifikante Unterschiede der Handlungszeit zwischen den Altersklassen nachgewiesen werden (bis auf Altersklasse 10/11 und 12/13 Jahre; mit Entscheidungsanforderung).
3. Fehlleistungen in der Zielgenauigkeit reduzieren sich im Verlauf des Alters.
4. Es gibt große interindividuelle Unterschiede der Zielgenauigkeit.
5. Es gibt Unterschiede zwischen der Zielgenauigkeit und Handlungszeit zwischen leistungsstarken und leistungsschwächeren Spielern (besonders deutlich bei Aufgaben mit Entscheidungsanforderungen).
6. Spieler, die zum ersten Messzeitpunkt die geringsten Handlungszeiten benötigten, hielten diese Position auch zum zweiten Messzeitpunkt nach ein bis zwei Jahren. Die Spieler mit einer schwächeren Ausgangsleistung verbesserten sich zwar, erreichten jedoch nicht das Niveau der Besseren (besonders deutlich bei Aufgaben ohne Entscheidungsanforderung).

Berthold und Schellenberger (1988) konnten zeigen, dass sich die Handlungsgeschwindigkeit und die Trefferquote beim HGT nach einem fußballspezifischen Schnelligkeitsausdauerstest verbesserten. Zusätzlich berichteten sie, dass Auswahlspieler die Aufgaben in kürzerer Zeit und genauer lösten als Spieler der Alterklasse 11 und Sportstudenten. In dieser Studie konnte kein Zusammenhang zwischen der Trefferquote und der Handlungszeit gefunden werden.

Der HGT wurde auch im Handball eingesetzt. Die Zielplatten wurden dabei an einem Handballtor angebracht (Risch et al., 1988). In dieser Studie wird nachgewiesen, dass sich mit zunehmendem Trainingsalter die Handlungszeit und die Trefferquote verbessern. Weiter konnte gezeigt werden, dass die Wurfkraft der Teilnehmer nicht mit der Handlungszeit korreliert. Die Autoren schlussfolgern, dass mit zunehmenden Trainingsalter die psychische Regulation und eine bessere Wurftechnik zu den besseren Testleistungen führen. Wie in der Studie mit dem Schnelligkeitsausdauertest konnte kein Zusammenhang zwischen der Handlungszeit und der Trefferquote nachgewiesen werden.

Schellenberger (1986) stellte Überlegungen zu der allgemeinen Annahme an, dass sich Schnelligkeit und Genauigkeit proportional zu einander verhalten. Er ging davon aus, dass es einen optimalen Bereich für die schnelle und genaue Ausführung von sportlichen Bewegungen geben müsse. Die Untersuchungen mit dem HGT im Handball und Fußball widerlegen diese Annahme.

Loughborough Soccer Passing Test

Der Loughborough Soccer Passing Test (LSPT) ist aufgrund der einfachen Durchführung ein häufig eingesetzter Passtest. Wen et al. (2018) kommen in einem Review zur Güte des Tests auf 25 Studien. Im Kern kommen die Autoren zu dem Schluss, dass die Reliabilität des LSPT auf moderat bis ausgezeichnet geschätzt werden kann. Weiterhin stellt sich heraus, dass der Test im Sinne einer Diskriminanzvalidität gut zwischen dem Alter und dem Leistungsniveau unterscheidet. Darüber hinaus können positive Zusammenhänge mit Sprint-, Dribbling- und Agilitytests festgestellt werden. Zudem werden Ergebnisse über schwache Zusammenhänge ($.24 \geq r \leq .46$) zwischen Testwerten aus dem LSPT und Werten der Wettkampfleistung (Kriterienvalidität) geliefert. Serpiello et al. (2017) begründeten die Diskrepanz zwischen den Testwerten aus dem LSPT und den Messgrößen aus dem Spiel (Wettkampfleistung) damit, dass der LSPT keine Spielsituation abbildet. Zusammenfassend hat der LSPT eine akzeptable Reliabilität und Diskriminanzvalidität, jedoch eine geringe Übertragbarkeit zum Spiel. Das heißt letztlich, keine ausreichende inhaltliche oder Kriteriumsvalidität.

Smart Speed

Krause et al. (2012) entwickelten eine Testbatterie zur Erfassung der „fußballspezifischen Handlungsschnelligkeit“. Die Testbatterie besteht aus einem Sprint-, einem Dribbel- und einem Passtest. Zur Durchführung des Passtests wurden vier Rückprallwände aufgestellt, gegen die der Ball gepasst werden sollte. Optische Signalgeber hinter den Rückprallwänden gaben den Spielern die neue Spielrichtung vor. Die Forschergruppe untersuchte insgesamt 55 Spieler aus drei verschiedenen Spielklassen (Bezirksstaffel, Verbandsliga und Oberliga/Regionalliga). Signifikante Unterschiede der Testergebnisse aus dem Passtest konnten lediglich zwischen der Verbandsliga und Bezirksstaffel sowie der Oberliga/Regionalliga und Bezirksstaffel gefunden werden. Die Autoren erklären diesen Befund mit der geringen Leistungsdichte zwischen den Spielern aus der Verbandsliga und der Oberliga/Regionalliga. Weiterhin schätzen die Autoren den Test als ausreichend zuverlässig ein. Eine zusätzliche Fragestellung beinhaltete den Zusammenhang zwischen der Spielleistung und den Testleistungen aus dem Passtest. Die Spielleistung wurde von den Trainern eingeschätzt, die daraus entstandene Rangliste wurde genutzt, um die Zusammenhänge abzuschätzen. Die Übereinstimmung zwischen den Urteilen der Trainer und den Testergebnissen ist auf geringem Leistungsniveau gut. Auf höherem Niveau ist der Zusammenhang zwischen der Testleistung aus dem Passtest mit der Rangfolge der Trainer für das Passen nicht nachweisbar.

Footbonaut

Der Footbonaut (Cgoal GmbH, Berlin, Germany) ist ein verhältnismässig neues und modernes Messinstrument im professionellen Fußball (Abb. A.2). In Erweiterung zu den bereits genannten Systemen HGT, LSPT und Smart Speed besteht der Unterschied im Footbonaut darin, dass hier Bälle aus einer Ballwurfmaschine¹⁵ standardisiert ausgeworfen werden, die Testfläche größer ist, sowie das Passspiel in höher liegende Zielfelder möglich ist. Bei den Stimuli handelt es sich ebenfalls um einfache optische und/oder akustische Signale.

In einer der ersten Studien im Footbonaut konnten zwischen 16-jährigen Spielern aus einem Nachwuchsleistungszentrum (NLZ) und jenen, die nicht in einem NLZ trai-

¹⁵Die ausgeworfenen Bälle werden im weiteren Verlauf der Arbeit als Ballitems bezeichnet.

nieren, signifikante Unterschiede in der Handlungszeit im FSPT gefunden werden (Saal et al., 2015). Zusätzlich wurden Trainer gebeten, ihre Spieler hinsichtlich des Kriteriums „Entscheidungsfähigkeit“ in eine Rangfolge zu bringen. Diese Rangfolge wurde dann mit der Rangfolge der Footbonaut-Handlungszeit in Zusammenhang gesetzt. Hier zeigte sich ein geringer Zusammenhang ($r = -.29$) zwischen der Entscheidungsfähigkeit und der Passschnelligkeit (Saal et al., 2015). In diesem Setting wurden nur die tiefer liegenden Ballkanonen und Zielfelder verwendet, um Kurzpässe zu simulieren (Ablauf siehe Abschnitt 3.3.1). Festzuhalten ist, dass der FSPT sensitiv genug ist, um zwischen Spielern aus unteren und oberen Ligen (\geq Verbandsliga) zu differenzieren. Diese Unterschiede zeigten sich auch bei der Passgenauigkeit, hier jedoch mit wesentlich geringeren Effektstärken. Ein ähnliches Muster bezüglich der Varianz der Passgenauigkeit im Footbonaut zeigte sich auch in der Studie von Beavan et al. (2018). Die Autoren untersuchten den Einfluss des Alters auf die Variablen Passgenauigkeit und Passschnelligkeit bei 152 männlichen Fußballspielern verschiedenen Alters (U12-U23). Im Ergebnis konnten in dieser Studie signifikante Alterseffekte nachgewiesen werden. Diese Effekte waren für Passschnelligkeit wesentlich ausgeprägter als für Passgenauigkeit ($\eta_p^2 = 0.42/0.16$). Post-Hoc Tests zeigten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Spielern innerhalb der U15-U23 Kategorie. Insgesamt absolvierten die Teilnehmer in dieser Studie zwei Sessions pro Tag. Eine Analyse der Reproduzierbarkeit der Messergebnisse ergab den Autoren nach eine akzeptable Test-Retest Reliabilität (*Passgenauigkeit* $CV_{\text{mean}}^{16} = 8.68$, $r = .48$; *Passschnelligkeit* $CV_{\text{mean}} = 3.60$, $r = .70$; *Points* $CV_{\text{mean}} = 8.93$, $r = .77$). Die Points sind ein von Fiedler (2012) erstellter Wert, in dem neben der Trefferquote und Handlungszeit auch andere Terme in der Gleichung mit einbezogen werden. In dieser Arbeit wird auf diesen Footbonautkennwert aus inhaltlichen Gründen nicht zurückgegriffen.

In einer weiteren Studie wurde überprüft, ob es Zusammenhänge zwischen Zeiten aus Einfach- und Zweifachwahlreaktionen und der Handlungszeit im FSPT gibt. Von insgesamt 79 Teilnehmern führten 69 zusätzlich zum FSPT einen einfachen Reaktionstest am PC durch (Reiser, 2003). Sämtliche Teilnehmer absolvierten acht Messwiederholungen des FSPT und je zweimal 30 Versuche im interaktiven Test auf Bestimmung der Einfach- und Wahlreaktionszeit (ER und WR). Dieser einfache Reaktionstest wurde zwischen den FSPT-Sessions in einem separaten Raum durchgeführt. Es wurde darauf

¹⁶Coefficient of variation

geachtet, dass die Teilnehmer geistig und körperlich erholt in diesen Test gingen. Das Belastungsempfinden im Footbonaut wurde unmittelbar nach dem FSPT mittels einer Borg-Skala abgefragt (Borg, 1982, 2004). Ergebnisse der Befragung zum Belastungsempfinden ergaben, dass ein Großteil der Teilnehmer den FSPT mit 12, 13 oder 14 bewerteten. Dies entspricht einem Belastungsempfinden auf der Skala von „Etwas Anstrengend“. Der Rest verteilte sich gleichmäßig unter- und oberhalb der 25/75%-Quantile (Abb. A.1). Die Handlungszeiten im Footbonaut korrelieren gering mit ER und WR (Tab. B.1). Das Ergebnis steht vorerst nicht im Widerspruch mit den Ergebnissen aus den Paar-Dominanz-Vergleichen, in denen ebenfalls ein geringer Zusammenhang ($r = -.29$) zwischen der Entscheidungsleistung und der Handlungszeit aus dem FSPT nachgewiesen werden konnte. Nach der Hypothese von Vilknor (1987) sollten sich die Beziehungen zwischen Reaktionszeiten mit zunehmender Komplexität der Aufgaben verringern. Es dürfte demnach nur ein geringer Zusammenhang zwischen Reaktionszeiten aus Test von taktischen Verhaltensweisen oder Antizipationsaufgaben und der Handlungszeit im Footbonaut nachzuweisen sein. Auch aufgrund der Komplexität der Bewegungsanforderung sollten sich nur geringe Zusammenhänge zu Testleistungen aus einfachen Reaktionstests (einfacher Stimulus und einfache Bewegungsantwort) zeigen.

In einer weiteren Studie, die für diese Arbeit relevant ist, untersuchten Vogt et al. (2018) der Sporthochschule Köln in Zusammenarbeit mit der TSG 1899 Hoffenheim den Einfluss einer induzierten kognitiven und physischen Belastung auf die FSPT-Kenngrößen Handlungszeit und Trefferquote. Die beiden Kenngrößen werden in dieser Studie mit Handlungsschnelligkeit und Ballkontrolle umschrieben. Die 33 Teilnehmer der Studie wurden in drei Gruppen eingeteilt (Mentale, Physische und Kontrollgruppe). Zwischen den Sessions (hier 20 Ballitems, 50 km/h Ballgeschwindigkeit) im Footbonaut wurden die jeweiligen Interventionen mit den Gruppen durchgeführt. Die Mentale Gruppe führte einen fortlaufenden Stroop-Test durch. Die Physische Gruppe bekam eine Intervention in Form eines fußballspezifischen Parcours (Intervall 4 mal 4 Minuten, drei Minuten Pause zwischen den Intervallen). Über den Vergleich mit der Kontrollgruppe wurde die Wirkung der Intervention abgesichert. Ebenso berücksichtigten die Autoren die Ausprägung der individuellen Ausdauerleistungsfähigkeit vor der Messung. Es konnten keine signifikanten Veränderungen der Handlungszeit und Trefferquote durch induzierte kognitive und physische Belastungen nachgewiesen werden (Vogt

et al., 2018). Weiterhin fanden die Autoren keine Unterschiede der Passschnelligkeit und Passgenauigkeit zwischen Spielern auf verschiedenen Spielpositionen. Zusammen mit den Ergebnissen aus den Befragungen zum Belastungsempfinden kann der Rückschluss gezogen werden, dass es sich bei den Footbonaut-Ballitems um wenig körperlich ermüdende Aufgaben handelt, und umgekehrt die Aufgaben auch nach körperlicher Ermüdung zu bewältigen sind.

Bei den zuvor beschriebenen Testverfahren sind die visuellen Stimuli einfach gehalten. Etwas aufwendigere Messverfahren zur Abschätzung von Passfertigkeiten beinhalten die Darstellung von aus dem Spiel losgelösten Situationen. Diese werden den Studienteilnehmern zumeist auf Leinwänden oder Bildschirmen präsentiert mit der Aufgabe schnellstmöglich und richtig zu reagieren. Beispielhaft werden hier nur zwei Systeme beschrieben. Es existieren durchaus andere innovative Systeme (Soccer Lab, Footbot, Soccer Bot oder Benfica Lab 360), bei denen jedoch die Studienlage zu schwach ist.

Cognifoot

Hicheur et al. (2017) nutzen das Cognifoot-System, um zu überprüfen, ob die Ausprägung der Informationsverarbeitung mit Kopplung von fußballspezifischen Bewegungsausführungen vom Alter beeinflusst werden. Die Aufgabe im Cognifoot-System besteht darin, einen ruhenden Ball mit nur einem Schritt Anlauf gegen eine Videoleinwand zu passen, auf der mehrere Stimuli dargeboten werden. Zusammenfassend konnte in dieser Studie eine Erhöhung der Genauigkeit beim Passen (Kurzpasse) und eine Verringerung der Handlungszeit um geschätzte 30 ms pro Lebensalter (allerdings hier ein schwacher Zusammenhang) nachgewiesen werden. Interessanterweise fanden die Autoren keinen Zusammenhang zwischen der Passgeschwindigkeit (Ballgeschwindigkeit) und der Anzahl der Distraktoren und Dauer der Stimuli.

Hagemann et al. (2008) untersuchten vor dem Hintergrund der Bedeutung unterschiedlicher motorischer Reaktionen jugendliche Fußballspieler ($n = 41$) beim videobasierten taktischen Entscheidungstraining. Die Teilnehmer wurden in drei Gruppen eingeteilt: eine Gruppe, die mit kleinmotorischen Reaktionen (Tastendruck) eine Entscheidung fällen musste, eine Gruppe, die mit großmotorischen Reaktionen (Ballschuss, Kontaktmessplatten und Leinwand) entscheiden musste sowie eine Kontrollgruppe.

Bezüglich der Gesamtreaktionszeit konnten bei der Ballschuss-Gruppe signifikante Leistungssteigerungen festgestellt werden. Hinsichtlich der Bewegungszeit unterschieden sich die drei Gruppen nicht.

Zusammenfassung

Zusammenfassend kann angenommen werden, dass im besonderen die Handlungszeit ein Parameter ist, der sensitiv gegenüber Leistungsunterschieden und dem kalendarischen Alter reagiert. Eine körperliche oder geistige Ermüdung scheint wenig Auswirkung auf das Bewältigen von Passaufgaben in einem Passtest zu haben. Zusammengenommen sprechen die Studien dafür, dass die Tests eine ausreichende Kriteriumsvalidität. Die Reliabilität im Sinne der Stabilität einer Messung ist als ausreichend einzuschätzen. Weitere Befunde deuten darauf hin, dass die Handlungszeit in Passtests mit einfachen Stimuli weder von der einfachen Reaktionsschnelligkeit noch von komplexen Entscheidungsleistungen abhängig sind. Zunehmend sicher ist, dass die Genauigkeit und die Schnelligkeit in keinem Verhältnis zueinander stehen. Schlussendlich gibt es Anzeichen für eine schwache Übertragbarkeit von Messergebnissen aus Passtests auf die Spielleistung.

1.4 Forschungsfragen und Hypothesen

In diesem Abschnitt werden spezielle Forschungsfragen und Hypothesen für diese Arbeit formuliert. Die speziellen Forschungsfragen leiten sich aus den allgemeinen Forschungsfragen und dem gesichteten Textmaterial ab. Steht beispielsweise die Frage im Vordergrund „Wie zuverlässig sind Tests im Footbonaut?“ (Kap. 1), dann sind standardisierte Messreihen mit Messwiederholungen notwendig. Die daraus abzuleitende spezielle Forschungsfrage kann nun wie im Punkt drei formuliert werden.

1. Gibt es verschiedene Aufgabentypen innerhalb des Footbonaut Short Passing Test?
2. Wie lassen sich Passfertigkeiten in das Konstrukt der Handlungsschnelligkeit einordnen?

- (a) geistige Schnelligkeit
 - (b) motorische Schnelligkeit
3. Werden Spieler unterschiedlicher Leistungsstärke verschieden von Messwiederholungen beeinflusst?
 4. Gibt es Interaktionen zwischen der Anzahl von Messwiederholungen, den Spielpositionen und dem Alter?

Zusätzlich wird mit jeder Stichprobe überprüft, ob es einen Zusammenhang zwischen der Handlungszeit und der Treffergenauigkeit gibt. In dieser Arbeit werden bei den nachfolgenden Studien in Abhängigkeit von dem beschriebenen Kenntnisstand aus anderen und eigenen Untersuchungen ungerichtete und teils gerichtete Hypothesen (bspw. Kap. 3.1) formuliert. Da überwiegend zur Analyse der Datensätze multivariate statistische Verfahren zum Einsatz kommen, werden die jeweiligen Verfahren und statistischen Hypothesen sowie die verwendeten Stichproben bei den Studien genauer beschrieben.

Kapitel 2

Allgemeine Methoden

2.1 Überblick

Zur Beantwortung der speziellen Forschungsfragen wurden verschiedene Studien in zwei Untersuchungszeiträumen durchgeführt. Der erste Untersuchungszeitraum erstreckte sich über fünf Monate (Februar bis Juni 2013). In diesem ersten Zeitraum wurde eine Erhebung im Footbonaut am Standort Berlin durchgeführt. Die Analysen sind in der Studie 3 zusammengefasst (Kap. 3.3).

Der zweite Untersuchungszeitraum erstreckte sich über 22 Monate von Juni 2013 bis April 2015. Die Studien wurden in Zusammenarbeit mit der TSG 1899 Hoffenheim (TSG) in Zuzenhausen durchgeführt. Dabei wurde der in Berlin entwickelte Passtest FSPT in die halbjährliche¹ Leistungsdiagnostik der TSG integriert. Die FSPT-Testergebnisse in Hoffenheim stammen aus dem Zeitraum Januar 2014 bis Ende April 2015 und sind in den Studien 2 und 4 näher beschrieben (Kap. 3.2 & 3.4). Eine zusammenfassende Darstellung der Messzeitpunkte im Footbonaut ist der Abbildung A.3 zu entnehmen.

Die Spieler der TSG absolvierten grundsätzlich zweimal im Jahr (1-2 Wochen nach dem ersten Spiel in der Vor- bzw. Rückrunde) eine leistungsdiagnostische Testbatterie zur Bewertung und Einschätzung ihrer motorischen Schnelligkeit. Diese Werte wurden für die Studien zur Validität verwendet und stammen aus dem Zeitraum Juli bis Dezember 2013. Ebenso wurden Messwerte zur Einschätzung der kognitiven Leistung hinzugezogen, die bei der TSG im Rahmen der psychologischen Diagnostik

¹zeitliche Abweichungen können vorkommen

erhoben wurden. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird unterscheidend von der Berliner Studienreihe und der Hoffenheimer Studienreihe gesprochen.

2.2 Generelle Beschreibung der Stichproben

An der Berliner Studienreihe nahmen insgesamt 79 jugendliche männliche Fußballspieler teil. Sämtliche Studienteilnehmer trainierten zu diesem Zeitpunkt mindestens einmal in der Woche in einem Verein und nahmen an den regulären Wettkämpfen des Berliner Fußballverbandes teil. Die Teilnehmer hatten ein unterschiedliches Leistungsniveau, was durch die Merkmale Lizenzzugehörigkeit der Mannschaft, Trainingshäufigkeit pro Woche und Zugehörigkeit zu einem DFB-lizenzierten NLZ beschrieben werden kann. Diese Kategorien erlauben eine Einteilung in leistungsstärkere (Elite) und leistungsschwächere (Non-Elite) Spieler. Eine detaillierte Beschreibung der Stichprobe ist in Tabelle B.2 dargestellt. Sämtliche Teilnehmer unterzeichneten eine Einwilligungserklärung, ebenso wurde eine Erlaubnis der Erziehungsberechtigten zur Teilnahme an der Studie eingefordert. Die Untersuchungen der Berliner Studienreihe wurden durch institutionelle Prüfungskommissionen zweier partizipierender Hochschulen hinsichtlich der Deklaration von Helsinki überprüft und genehmigt. An der Hoffenheimer Studienreihe nahmen im Rahmen der internen Leistungsdiagnostiken sämtliche Nachwuchsmannschaften, Frauenmannschaften und Herrenmannschaften teil. Insgesamt wurden in der Hoffenheimer Studienreihe 271 Spieler im Footbonaut getestet. Ein Auszug aus der Datenbank ist in Tabelle B.3 abgebildet.

2.3 Messinstrumente

2.3.1 Footbonaut

Der Footbonaut ist ein speziell für die Mannschaftssportart Fußball entwickeltes Diagnose- und Trainingstool zur Erfassung von Passfertigkeiten (Abb. A.2). Nach der Definition von Krug et al. (2005) lässt sich das System auch als Mess- und Informationssystem (MIS) umschreiben und kann im Messplatztraining verwendet werden.

Der Footbonaut besteht aus einer 14 x 14 m großen Testfläche, die mit Kunstrasen ausgelegt ist und von vier Wänden begrenzt ist. Die Seitenwände bestehen aus einem Holzgerüst, in das insgesamt 72 quadratische Felder (1.40 x 1.40 m) eingearbeitet sind. An sämtlichen Feldern sind Leuchtdioden und Lichtschranken angebracht. Hinter den Feldern ist ein Auffangnetz für durchgeschossene Bälle angebracht. Eine Seitenwand besteht aus neun flachen und neun hohen Feldern. Hinter den mittleren zwei Feldern (hoch, tief) stehen jeweils die Balltürme mit den integrierten Ballkanonen, deren Zuspielgeschwindigkeit (0 bis 120 km/h), Zuspielhöhe und Ballumdrehung variabel einstellbar sind. Die links und rechts umliegenden Felder dienen als Zielfelder, durch die der Ball hindurch geschossen werden kann (Abb. A.4). Die Leuchtdioden dienen als optischer Stimulus und zeigen an, aus welcher Ballkanone der Ball kommt und in welches Zielfeld der Ball geschossen werden muss. Zusätzlich geben in den Ecken des Holzgerüsts angebrachte Lautsprecher ein akustisches Signal zur Orientierung. Die Lichtschranken werden zur Zeitmessung verwendet. Die Differenz zwischen dem ersten Zeitwert (Ball passiert Lichtschranke vor der Ballkanone) und dem zweiten Zeitwert (Ball passiert Lichtschranke am Zielfeld) wird als Größe der Handlungsschnelligkeit² angesehen. Sämtliche Zielfelder sind numerisch im System hinterlegt. Dies ermöglicht einerseits die Registrierung des tatsächlich getroffenen Feldes und andererseits eine Einschätzung des Winkels von der Ballkanone zum Zielfeld und dem damit verbundenen Passwinkel.

Die Anzahl und Spezifikation der Ballitems (Adresse Ballkanone, Adresse Zielfeld, Zuspielhöhe, Auswurfgeschwindigkeit) kann vorab über ein Template festgelegt werden. Das Sessiontemplate für den FSPT beinhaltet 32 Ballaufgaben unter ausschließlicher Verwendung der unteren Ballkanonen und Zielfelder (Abb. A.5). Die Zuspielgeschwindigkeit wurde auf 50 km/h eingestellt. Dabei hatten die Auswurfwalzen der Ballkanonen eine minimale Differenz in der Drehzahl, um einen versehentlichen Einschuss in die gegenüberliegende Ballkanone zu vermeiden. Dies hat zur Folge, dass der Ball sich während der Flug-Rollphase leicht dreht. Die Zuspielhöhe wurde so eingestellt, dass Flachpässe simuliert werden. Um eine Mustererkennung der Spieler zu vermeiden, wurden die Ballaufgaben bei der Erstellung der Session randomisiert. Die zufällige Reihenfolge der Ballitems wurde einmalig erstellt und dann festgelegt. Jeder Spieler

²Taktische Leistungsvoraussetzungen werden unter normalen Trainingsbedingungen im Footbonaut (ohne Zusatz von Hilfsmitteln und Aufgaben) nicht erfasst

erhält somit eine identische Reihenfolge der Ballaufgaben. Dies war notwendig, weil es nicht sichergestellt war, ob die Ballitems voneinander abhängig sind. Neun Zielfelder liegen im peripheren Sichtfeld des Spielers, dreizehn Ballaufgaben erfordern eine 90° Drehung zum Zielfeld und zehn Zielfelder liegen im Rücken der Teilnehmer und erfordern eine Drehung um 180°. Der Spieler hat die Aufgabe, den ausgeworfenen Ball so schnell und präzise wie möglich in das angezeigte Zielfeld zu passen. Die Lösung der Aufgaben/Ballitems ist den Spielern freigestellt. Er kann den Ball direkt passen³ oder mit einer beliebigen Anzahl von vorbereitenden Ballkontakten passen. Die statistischen Variablen ergeben sich aus der Differenz der Zeitwerte (Handlungszeit) und dem Verhältnis von richtig und falsch getroffenen Zielfeldern (Trefferquote). Im weiteren Verlauf der Arbeit wird die Abkürzung HZ für die Handlungszeit und TQ für die Trefferquote verwendet.

2.3.2 Aufmerksamkeits-Belastungs-Test (D2) und Determinationstest (DT)

Die Konzentrationsfähigkeit wurde mit dem Aufmerksamkeits-Belastungs-Test (D2) separat erfasst (Brickenkamp, 2002). Weiter wurde die reaktive Belastbarkeit, Aufmerksamkeit und Reaktionsgeschwindigkeit mittels dem Determinationstest (DT Testform S1 Adaptiv (4min)) aus dem Wiener Testsystem erfasst (Schuhfried, 2007). Beide Testverfahren sind standardisierte und weit verbreitete Testverfahren, um Konzentration und Aufmerksamkeit unter dem Aspekt der Schnelligkeit zu erfassen.

2.3.3 Testbatterie zur Bestimmung der motorischen Schnelligkeit

Sämtliche Tests zur motorischen Schnelligkeit wurden im Leistungsdiagnostischen Zentrum der TSG durchgeführt. Die dort verwendete leistungsdiagnostische Testbatterie zur Einschätzung der motorischen Schnelligkeit der Spieler beinhaltet folgende Testverfahren:

1. 30 m Linearsprint [LS30]
2. 28 m Wendigkeitslauf [W28]

³was in den meisten Fällen aufgrund der hohen Zuspielgeschwindigkeit nicht zweckmäßig ist

3. Counter Movement Jump [CMJ]
4. alaktazider Sprungkrafttest nach Tkac et al. (1990) [HAMAR]

Die jeweiligen Gesamtlaufzeiten aus dem L30 und W28 wurden mittels Lichtschranken in Sekunden erfasst. Die Teilnehmer starteten aus dem Stand in Schrittstellung. Jeder Teilnehmer erhielt drei Versuche mit einer Pause von 2-3 min zwischen den Versuchen. Eine schematische Darstellung des W28 ist in Abbildung A.6 dargestellt. Gewertet wurde der Bestwert aus den drei Versuchen. Zur Erfassung der Sprunghöhen und der mechanischen Sprungleistung wurde ein Kontaktmatten-Messsystem der Firma Biovision (Biovision, 2007) verwendet. Jeder Teilnehmer hatte drei Versuche für den Counter Movement Jump (Hände in der Hüfte fixiert) und zwei Versuche für den HAMAR Sprungkrafttest (mit einer Pause von mindestens 2 Minuten). Beim HAMAR Test wurde die Sprungserie auf zehn Sprünge, mit maximaler Frequenz, begrenzt. Die mittlere mechanische Leistung [$W * kg^{-1}$] aus dem HAMAR Test und die Sprunghöhe [m] beim CMJ gingen als Variable in die Analysen ein.

Kapitel 3

Empirische Untersuchungen

In diesem Kapitel werden die vier Hauptstudien des Projektes dargestellt, interpretiert und diskutiert. Hauptgegenstand der Studien ist ein für das MIS Footbonaut konstruierter fußballspezifischer Test (FSPT) zur Abschätzung der Genauigkeit und der Schnelligkeit bei einfachen Passaufgaben. Die erste Studie beinhaltet eine Überprüfung der *Dimensionalität* der Testitems/Ballitems (Bortz & Doering, 2006). Studie zwei widmet sich der Frage zur Konstruktvalidität, im Speziellen der Diskriminanzvalidität. Studie drei und Studie vier befassen sich mit Fragen zur Diskriminanzvalidität und Reliabilität des FSPT. Sämtliche statistischen Analysen wurden mit der Software R (R Core Team, 2017) und den notwendigen Paketen durchgeführt. Die Quellen der verwendeten R-Pakete werden an den geeigneten Stellen genannt.

3.1 Itemanalyse Footbonaut Short Passing Test

Die erste Studie diente der Überprüfung der Dimensionalität des FSPT im Rahmen einer Itemanalyse. Nach Bortz und Doering (2006) beinhaltet eine Itemanalyse unter anderem die Berechnung der Trennschärfe, Homogenität der Items, sowie die Überprüfung der Dimensionalität. Letzteres erfolgt in dieser Arbeit unter Verwendung explorativer und konformatorischer Faktorenanalysen.

Aufgrund der Architektur des Footbonaut und der Konstruktion des Tests (siehe Abb. A.5) wird vermutet, dass der FSPT aus zwei Subskalen besteht, welche die Aufgaben *Passen mit einer Körperdrehung* und *Passen ohne eine Körperdrehung* abbilden. In

der vorliegenden Studie wurde im ersten Schritt explorativ mithilfe einer Hauptkomponentenanalyse (PCA) die Anzahl der zu extrahierenden Faktoren abgeschätzt. Die Berechnung der PCA erfolgte gemäß den Empfehlungen von Field et al. (2012). Im zweiten Schritt wurde mithilfe einer konfirmatorischen Faktorenanalyse (CFA) die oben genannte Hypothese überprüft. An dieser Stelle wurden die Dokumentationen der offiziellen Webseite von Lavaan verwendet (Rosseel, 2018).

3.1.1 Methode

Für diese Studie wurden die kompletten Datensätze aus der Berliner und der Hoffenheimer Studienreihe verwendet und vorab bereinigt. Teilnehmer mit unvollständigen Sessions wurden aus der Analyse ausgeschlossen (25.57 %). Unvollständige Sessions bedeutet, dass die Teilnehmer nicht alle 32 Ballitems des FSPT gelöst haben. Das passiert zum Beispiel dann, wenn ein Ball versehentlich in das Feld der Ballkanone geschossen wurde. Insgesamt wurden Daten von 259 Teilnehmern, davon 78 aus der Berliner Messreihe und 181 Teilnehmer aus der Hoffenheimer Messreihe (davon 35 weiblich, 13.51 %) für diese Studie berücksichtigt. Im Footbonaut wird die Indizierung der Ballitems werkseitig, nach ungültigen Versuchen verändert. Der Index der Ballitems wurde nachträglich durch einen Algorithmus korrigiert. Dabei wurde der Ballitemindex nachträglich händisch den Torfeldadressen und Ballmaschinen zugeordnet. Die Verteilung der HZ wurde oben und unten beschnitten, sodass ausschließlich Ballitems zwischen 900 ms und 4500 ms verwendet wurden. Ballitems die in weniger als 900 ms in das Zielfeld geschossen wurden, erscheinen aus physiologischen Gründen¹ unnatürlich und sind eher der Architektur der Messapparatur geschuldet. Beispielsweise kann es vorkommen, dass Bälle, nachdem sie in ein Zielfeld geschossen wurden, von der Rückwand des Footbonaut zurück in die Testfläche prallen und in ein Zielfeld rollen, währenddessen eine andere Ballkanone bereits einen neuen Ball auswirft. Für jedes Ballitem wurde das arithmetische Mittel von 259 Probanden berechnet. Als Ballitems mit Körperdrehung wurden sämtliche Items definiert, deren Zielfelder unterhalb der seitlichen Ballkanonen gelagert sind.

¹Einfache Reaktionszeiten von Sportlern liegen zwischen 150 und 200 ms (Zaciorskij, 1972, S. 55). Die Grenze von 4500 ms wurde nach einer Inspektion der Quantile gesetzt. In der Berliner Messreihe liegen 50 % der erfassten Handlungszeiten zwischen 2205 und 3005 ms (1860 und 2876 ms in der Hoffenheimer Messreihe). Bei Passaufgaben kommt die Ballflugzeit und die komplexe Bewegungszeit hinzu.

3.1.2 Ergebnisse

Rohwertverteilung

Eine grafische Inspektion der HZ aus dem FSPT lässt den Rückschluß zu, dass einige Ballitems langsamer ausgeführt werden als andere (siehe Abb. A.7). Die Mittelwerte und Standardabweichungen liegen für die Skala *Ohne Körperdrehung* bei 2375 ms ($SD = 77$) und für die Skala *mit Körperdrehung* bei 2509 ms ($SD = 86$). Die Mittelwerte der Skalen der einzelnen Datensätze sind in Tabelle B.4 aufgeführt. Es konnten signifikante Unterschiede zwischen diesen beiden Skalen festgestellt werden; $t(28.37) = 4.58, p < .001$ ². Weiter wurde überprüft, ob die Daten einer Normalverteilung folgen. Ergebnisse des Mardia-Tests deuten auf nicht normalverteilte Daten hin (Revelle, 2017). Sämtliche Verteilungen zeigen eine Asymmetrie im Sinne rechtsschiefer Verteilungen.

Explorativ

Die PCA wurde an 32 Ballitems mit einer obliquen Rotation (oblimin) durchgeführt. Das Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) Maß überprüft, ob sich ein Datensatz durch Faktoren darstellen lässt. Für diesen Datensatz ist das $KMO = 0.87$ und für jedes einzelne Item ist der Wert größer als 0.5, was über dem empfohlenen Wert liegt (Kaiser, 1974). Der Bartlett's Test of Sphericity, $\chi^2(496) = 2063, p < 0.001$ deutet daraufhin, dass die Korrelationen zwischen den Ballitems hoch genug sind, um eine Hauptkomponentenanalyse durchzuführen. Das Very Simple Structure (VSS) Kriterium wurde verwendet, um die Anzahl der zu extrahierenden Faktoren zu bestimmen (Revelle, 2017). Anhand der VSS-Kennzahlen wird eine Ein- bis Zwei-Komponentenlösung vorgeschlagen. Die Ladungen nach der Rotation sind in der Tabelle B.5 dargestellt. Die Items, die sich auf den Komponenten gruppieren, deuten darauf hin, dass die erste Komponente Aufgaben mit einer Körperdrehung und die zweite Komponente Aufgaben ohne eine Körperdrehung darstellen. Zwei Ballitems (Ballitem 6 & 32) zeigen Ladungen kleiner als .3. Die Varianzaufklärung ist mit 28 % angegeben.

²Welch Two Sample t-test

Konfirmatorisch

Die CFA wurde ebenfalls mit 32 Ballitems unter Verwendung des R-Paketes Lavaan (Rosseel, 2012) erstellt und durchgeführt. Auf der Basis der Ergebnisse der vorangestellten explorativen Analyse wurden zwei Modelle gerechnet und miteinander verglichen. Aufgrund der leichten Abweichungen zur multivariaten Normalverteilung in der Schiefe und der Wölbung einiger Verteilungen der HZ wurde die Bollen-Stine-Bootstrap Methode (1000 Iterationen) unter Verwendung des Lavaan-Pakets (Bollen & Stine, 1992; Rosseel, 2012) zur Korrektur des p-Wertes angewendet. Die Fit-Indizes sind in Tabelle B.6 dargestellt und die Anpassungsmaße RMSEA und SRMR liegen in den für eine gute Modellpassung geforderten Bereichen (Hu & Bentler, 1999). Lediglich der CFI Index erreicht nicht den für eine gute Modellpassung empfohlenen Wert von $CFI > .95$. Die Faktorladungen der jeweiligen Skalen liegen, für die Skala *Keine Drehung* zwischen $\lambda = .26$ und $.52$ und für die Skala *Mit Körperdrehung* $\lambda = .39$ und $.71$. Die Skalen korrelieren signifikant ($p < 0.001$) mit $r = 0.79$. Die Inter-Item-Korrelationen (Itemhomogenität) für die Skala *Mit Drehung* liegt zwischen $r = .12$ und $.53$ sowie für die Skala *Ohne Drehung* zwischen $r = -0.04$ und 0.27 (Abb. A.8). Die Trennschärfekoeffizienten der Items für die Skala *Ohne Drehung* fallen vergleichsweise gering aus und liegen im Bereich zwischen $.12 \geq r \leq .43$. Für die Skala *Mit Drehung* liegen sie zwischen $.47 \geq r \leq .73$. Ein Vergleich beider Modelle erfolgte mithilfe der χ^2 -Teststatistik. Das Modell mit zwei Faktoren passt besser zur Datenstruktur als das Modell mit nur einer latenten Variable; $\chi^2(1) = 43.40, p < .001$.

Sämtliche Analyseschritte wurden zusätzlich mit einem Datensatz ohne die weiblichen Teilnehmer durchgeführt. Die erzielten Ergebnisse sind ähnlich und führen zu der gleichen Einschätzung.

3.1.3 Diskussion

Eine Itemanalyse der einzelnen Ballaufgaben ist nicht unbedeutend, wenn das MIS Footbonaut in Training und Diagnostik genutzt werden soll. Kenntnisse über die Art und Zusammenstellung der Ballaufgaben innerhalb eines Tests im Footbonaut ermöglichen eine differenzierte Interpretation von Testergebnissen. Der FSPT wurde als erste Version einer standardisierten Session im Footbonaut erstellt. Aufgrund der Aufgabenspezifität der einzelnen Ballitems im FSPT kann angenommen werden, dass es Ballitems gibt,

die schwieriger sind als andere. Das kann bedingt sein durch die Lage der Zielfelder oder durch das vorhergehende Item. Letzteres war nicht Gegenstand dieser Arbeit. An dieser Stelle sei auf zukünftige Studien verwiesen. Ziel der Studie war es, Ballitems zu identifizieren, die ähnliche Informationen tragen oder sich gut eignen das Gesamtergebnis vorherzusagen. Im Speziellen wurde überprüft, ob der FSPT zwei Subskalen abbilden kann.

Mittels explorativer und konfirmatorischer Faktorenanalyse konnte gezeigt werden, dass der FSPT in eine zweifaktoriellen Struktur mit den zwei Subskalen *Mit Körperdrehung* und *Ohne Körperdrehung* zergliedert werden kann. Bei einzelner Betrachtung der Items zeigt sich, dass Ballitems, die eine Körperdrehung erfordern (Zielfelder im Rücken des Spielers), höhere Handlungszeiten erzeugen, als Ballitems mit Zielfeldern im peripheren Sichtfeld. Nimmt man diese zweifaktorielle Einteilung vor, zeigt sich ein geschätzter Unterschied von 74-193 ms (95 % Konfidenzintervall der Mittelwertdifferenz) zwischen den beiden Skalen. Vergleichbare Studien sind nach aktuellem Kenntnisstand nicht bekannt. Daher können auch keine Forschungsergebnisse zum Vergleich herangezogen werden.

Die vorliegenden Ergebnisse sind vor dem Hintergrund der Ergebnisse und der Zusammensetzung der Stichprobe mit Vorsicht zu interpretieren. Die Schwierigkeit der Interpretation der Daten liegt darin, dass die Inter-Item-Korrelation der Ballitems auf der Skala *Ohne Drehung* eher gering ausfällt. Das zeigt sich in den internen Konsistenzen (Cronbach's α), siehe auch Tabelle B.5. Warum die Fehlervarianz bei diesen Items ungleich ist, kann abschließend nicht geklärt werden. Ein weiterer Kritikpunkt lässt sich in der Inhomogenität der Stichprobe entdecken. Bestandteil der Ausbildungsphilosophie der Teilnehmer der Hoffenheimer Studienreihe ist, dass sie bei der Ballannahme eine sogenannte „Offene Position“ einnehmen. Dabei nehmen die Spieler eine aktive Erwartungshaltung in der Schrittstellung ein und öffnen bewußt eine Seite zum aufdrehen. Dieses Bewegungsverhalten könnte einen Einfluss auf die HZ im Footbonaut haben. Anzeichen dafür sind die geringeren Mittelwertdifferenzen zwischen den Skalen in Abhängigkeit der Datensätze (Tab. B.4).

Kritisch anzumerken ist, dass eine vollständige Kontrolle des Kriteriums (Mit Drehung und Ohne Drehung) beim FSPT nicht gegeben ist. Die Körperdrehung wird nicht durch biomechanische Kennwerte beschrieben, sondern durch die Lage der Zielfelder im Raum. Jeder Teilnehmer kann hier eigene Lösungsstrategien (Bewegungsmuster)

anwenden. Ob bei den seitlichen Zielfeldern (oberhalb der Querverbindung) mehrheitlich eine Körperdrehung erforderlich ist, kann nur durch zusätzliche Videoanalysen geklärt werden. Für diese Studie sollte das unscharfe Kriterium ausreichen, da zumindest bei den im Rücken liegenden Zielfeldern eine Drehung erforderlich ist.

Dabei ist es nicht zu empfehlen, die Ballitems auf der Skala *Ohne Drehung* gänzlich aus dem Test zu entfernen. Vielmehr könnte aus Gründen der Testökonomie und Sparsamkeit eine verkürzte Version des FSPT erstellt werden.

Das hier bestimmte zwei-faktorielle Modell ist nur eines von vielen möglichen statistischen Modellen. Ein erstes statistisches Modell sollte möglichst einfach sein. Aus diesem Grund wurde zunächst ein eindimensionales, dann ein zweifaktorielles Modell überprüft. In Frage käme aber auch ein drei- oder gar vierfaktorielles Modell. Wenn gleich statistische Kennzahlen (bspw. VSS) eine einfache Lösung vorschlagen, ist eine Erweiterung unter Einbeziehung der Zielfelder, die in den Ecken liegen, denkbar und auch möglich.

Die in der sportwissenschaftlichen Literatur bekannten Short-Passing-Tests nutzen in der Regel eine Gesamtpunktzahl, die sich aus der Trefferquote und Handlungszeit errechnet. Ohne Kenntnis der einzelnen Verteilungen der Variablen ist diese Herangehensweise kritisch zu betrachten. Itemanalysen mit der Annahme, dass eventuell verschiedene Konstrukte innerhalb eines Passtests gemessen werden, sind für den LSPT nach Ali et al. (2007) sowie dem Pass-Test nach Krause et al. (2012) nicht bekannt. Ebenso stehen nach ausführlicher Recherche keine wissenschaftlichen Studien für die Systeme SoccerBot360 (SoccerBot360, 2018) & skills.lab (Skills.Lab, 2018) oder Footbot (SportAutomatics, 2018) zur Verfügung.

Generell darf die Frage gestellt werden, ob die Verwendung eines standardisierten Tests (FSPT) überhaupt notwendig ist, oder ob ein randomisierter Test, wie er in der Praxis oft durchgeführt wird, ebenfalls zielführend sein kann. Bei ausreichenden Messwiederholungen dürfte nach dem Gesetz der großen Zahl eine Vergleichbarkeit gegeben sein. Wo genau allerdings der Cut-Off liegt, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden. Über Simulationsberechnungen ist es jedoch möglich diesen Cut-Off zu berechnen. Im FSPT ist die Itemanzahl auf 32 festgelegt mit einer Testdauer von ca. 2 Minuten. Der Footbonaut erlaubt auch Veränderungen am Ball-Effet und der Ballflugkurve (im FSPT konstant gehalten). Überlegungen einen Test dahingehend

zu verändern könnten die Trennschärfe der Items der Skala *Ohne Drehung* ebenfalls erhöhen.

Zusammenfassend geben die Ergebnisse der explorativen und konfirmatorischen Analyse eine Tendenz wieder, die in Richtung einer zweifaktoriellen Lösung hindeutet. Die Skala *Mit Körperdrehung* lässt sich sehr gut abbilden, wohingegen die Skala *Ohne Drehung* weniger zuverlässig ist. In weiteren Studien wäre zu überprüfen, ob die zweifaktorielle Lösung auch für andere Stichproben oder randomisierte Sessions gültig ist. Ist das nicht der Fall, ist zu empfehlen auf sogenannte Testlet Modelle (IRT) überzugehen, in denen Items kontextabhängig behandelt werden. Die Studie gibt einen ersten explorativen Einblick über die Struktur der repetitiven Passaufgaben im FSPT. Kenntnisse über die Aufgabenstruktur im Footbonaut sind besonders bei der Auswertung und bei der Erstellung von spezifischen Trainingsinterventionen bedeutsam. Abschließend ist zu sagen, dass der FSPT praxistauglich vor dem Hintergrund der Itemqualität, jedoch verbesserungswürdig hinsichtlich der Itemschwierigkeit ist.

3.2 Schnelligkeit im Footbonaut Short Passing Test

In dieser Studie zur Konstruktvalidität werden die Variablen Sprintschnelligkeit (LS30, W28), Sprungkraft (CMJ, HAMAR), Aufmerksamkeit/Konzentration (DT, D2) sowie die Passschnelligkeit und -genauigkeit im Footbonaut (TQ, HZ) in ein erstes Kausalmodell gebracht. Mit dieser Studie soll überprüft werden, ob und welche Abhängigkeiten es zwischen den Variablen gibt und ob die Schnelligkeit und Genauigkeit im Footbonaut auch von der motorischen und informatorischen Schnelligkeit beeinflusst wird. Aufgrund der Spezifik der Bewegung im Footbonaut wird zumindest für die Handlungszeit ein Zusammenhang zu Sprungkraft und Sprintschnelligkeit (Linearsprint und Richtungswechselsprint/Wendigkeitslauf) vermutet. Ferner wird angenommen, dass die Ausprägung der informatorischen Schnelligkeit, insbesondere unter dem Aspekt der Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit, einen positiven Einfluss auf die Passgenauigkeit hat. Folgende Hypothesen werden spezifiziert:

1. Je höher die informatorische Schnelligkeit, desto höher die Passgenauigkeit
2. Je ausgeprägter die Laufschnelligkeit (niedrige Laufzeiten), desto höher die Ausprägung der Passschnelligkeit (niedrige Handlungszeiten)

3. Je höher die Ausprägung der Sprungkraft (hohe Sprunghöhen), desto höher die Ausprägung der Passschnelligkeit (niedrige Handlungszeiten)

3.2.1 Methode

Stichprobe

Für diese Studie wurde eine Teilmenge aus der Hoffenheimer Studienreihe (Kapitel 2.1 und 2.2) gezogen ($n = 44$, Profi ($n = 1$), U23 ($n = 9$), U19 ($n = 6$), U17 ($n = 8$), U15 ($n = 12$) und U14 ($n = 8$)). Sämtliche Teilnehmer nahmen im Rahmen der regulären Leistungsdiagnostik am NLZ an motorischen und kognitiven Tests teil. Bei einer Fehlerwahrscheinlichkeit von $\alpha = .05$ und einer konventionellen Teststärke von $1 - \beta = 0.80$ (Bortz & Doering, 2006) ergab sich für das Strukturgleichungsmodell auf der Grundlage eines RMSEA zwischen .01 und .09 eine notwendige Stichprobengröße von 207 Teilnehmern (Preacher & Coffmann, 2016).

Datenanalyse

Grundlage der Datenanalyse sind Messwerte aus einer Testbatterie, die sich aus zwei Tests zur Aufmerksamkeit (DT und D2), zwei Tests zur Sprungkraft (CMJ und HAMAR), zwei Tests zur Laufschnelligkeit bzw. Beschleunigungsfähigkeit (L30 und W28) sowie dem FSPT zusammensetzt. Die FSPT-Variablen HZ und TQ wurden jeweils aus den Bestwerten der ersten zwei im Untersuchungszeitraum gespielten Sessions erstellt. Von einigen Teilnehmern liegt lediglich eine Messung im Footbonaut vor. In diesen Fällen wurde dieser eine Wert als Bestwert verwendet. Eine nähere Beschreibung der Testverfahren ist in den Quellen ausgewiesen und im Kapitel 2.3 zusammengefasst. Es wurde darauf geachtet, dass die Teilnehmer geistig und körperlich erholt in diese Tests gingen. Sämtliche Messungen fanden unter fachlicher Anleitung in dem NLZ der TSG statt.

Zu Beginn der Datenanalyse wurden deskriptive Statistiken erstellt. Diese beinhalten einfache Zusammenhangsmaße und Kennwerte der Rohwertverteilungen der Messergebnisse. Im zweiten Schritt wurden der Datensatz standardisiert und spaltenweise eine Clusteranalyse gerechnet. Das Ziel bestand darin, einen ersten Eindruck in die Datenstruktur zu erhalten. Im letzten Schritt wurde in allgemeiner Vorgehensweise nach

Backhaus et al. (2016) ein Strukturmodell mit latenten Variablen erstellt, um vermutete kausale Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Testverfahren aufzudecken.

3.2.2 Ergebnisse

Ein Überblick über die Lage- und Streuungsmaße der Variablen der fußballspezifischen und fußballunspezifischen Schnelligkeit in Abhängigkeit der Altersgruppen ist in Abbildung A.9 dargestellt; weitere deskriptive Statistiken in der Tabelle B.7. Die Zusammenhänge und eine mögliche Zusammenfassung der Variablen mittels einer Clusteranalyse sind zur grafischen Inspektion zusätzlich in Abbildung A.10 dargestellt. Das hypothetische vollständige Strukturgleichungsmodell ist der Abbildung A.11 zu entnehmen. Das aus diesen Annahmen und Erkenntnissen erstellte Strukturgleichungsmodell ist in Abbildung A.13, die Parameterschätzungen sind in Tabelle B.8 zu finden.

Allgemein zeigt sich ein positiver Effekt des Alters in der Entwicklung der Laufschnelligkeit (30 m Linearsprint und 28 m Wendigkeitslauf). Ausgenommen des Profis, der im HAMAR Test deutlich unter den mittleren Werten der anderen Altersgruppen liegt, ist diese Tendenz weniger ausgeprägt auch bei der Sprungkraft zu beobachten. Im Speziellen zeigen sich keine inhaltlich nachvollziehbaren Alterseffekte bei der Variable Trefferquote vom FSPT und dem Aufmerksamkeitstest D2. Die Handlungszeit ist bei den Teams U19, U23, Profis deutlich verringert gegenüber den jüngeren Teams. Bei der altersbedingten Ausprägung der Aufmerksamkeit (DT) sind Alterseffekte anzunehmen, treten jedoch ebenfalls nicht so deutlich in Erscheinung (Abb. A.9).

Von den insgesamt 30 verfügbaren Kennwerten aus dem R-Paket „NbClust“ schlagen acht Kennwerte eine Vier-Clusterlösung vor (Charrad et al., 2014). Sechs Indices deuten auf eine zwei- bzw. fünfstufige Clustervariante hin. Zwei Kennwerte sprechen dafür, dass eine zweistufige Clusterlösung die günstigste ist. Eine Auflistung der verwendeten Indices kann aus der Dokumentation des R-Paketes NbClust entnommen werden. Nach der Mehrheitsregel wird in Abbildung A.10 eine Lösung mit vier Cluster visualisiert. Die Cluster wurden benannt mit:

1. Informationsverarbeitung
2. Laufschnelligkeit
3. Sprungkraft

4. Passschnelligkeit

Das vollständige hypothetische Modell ist in Abbildung A.11 beschrieben. Zur Unterscheidung zwischen Mess- und Strukturmodell ist das Messmodell mit dünnen Linien und das Strukturmodell mit dicken Linien gekennzeichnet. Das Strukturgleichungsmodell (SEM) basiert auf Daten von 44 leistungsorientierten Fußballspielern, die an den Tests zur Erfassung der Laufschnelligkeit, der Sprungkraft, der fußballspezifischen Passfertigkeit und der Aufmerksamkeit teilgenommen haben. Die Auswertung erfolgte mit R-Paket Lavaan Rosseel (2012) und die grafische Darstellung mit dem Paket SemPlot (Epskamp & Stuber, 2017). In der Darstellung des empirischen Strukturgleichungsmodells werden die latenten Variablen durch Kreise und die Messgrößen durch Rechtecke dargestellt. Die Residuen (Fehlervarianzen) sind durch bidirektionale Pfeile dargestellt, die ihren Anfang und ihr Ende auf der gleichen Größe haben. Bidirektionale Pfeile zwischen den Größen bilden die Kovarianzen zwischen den Messgrößen ab. Unidirektionale Pfeile zeigen die Parameterschätzungen (estimates) und damit die Effekte zwischen den Variablen im Modell. Die Korrelationsmatrix mit Mittelwerten und Standardabweichungen ist in Tabelle B.7 dargestellt.

Aus dieser Korrelationsmatrix sind schwache Zusammenhangsmaße zwischen der Variable TQ und DT/D2 abzulesen. Kein bedeutender Zusammenhang konnte für die Variable HZ mit einer der motorischen oder kognitiven Variablen gefunden werden. Wie angenommen korrelieren die beiden Tests zur Aufmerksamkeit entsprechend hoch, ebenso die Tests zur Laufschnelligkeit (W28 und L30). Die Tests zur Sprungkraft zeigen einen mittleren Zusammenhang mit $r = .37$. Zusätzlich konnte ein Zusammenhang zwischen den beiden Kennwerten aus dem Footbonaut (HZ und TQ) gefunden werden. Das bedeutet, je schneller die Ballitems gelöst wurden (HZ), desto höher ist die Genauigkeit (TQ).

Die Voraussetzung der multivariaten Normalverteilung wurde über den Mardia-Test und einem Q-Q-Plot überprüft (Revelle, 2017). Es handelt sich um einen kompletten Datensatz und es wurden keine Ausreißer detektiert. Aufgrund der kleinen Stichprobe und der geringen Sensibilität des Mardia-Tests gegenüber Abweichungen von der Annahme normalverteilter Daten (Wölbung und Schiefe) wurde die Parameterschätzung per Bootstrapping (1000 Iterationen) vollzogen.

Es konnte ein zufriedenstellendes Modell, was die Datenstruktur ausreichend abbildet, gefunden werden (Abb. A.12). In diesem Modell wurden die beiden Messgrößen DT und D2, die auf die latente Variable Informationsverarbeitung laden, mittels einer Gleichheitsrestriktion gleichgesetzt. Zusätzlich werden Korrelationen zwischen den Messgrößen W28 und L30 sowie CMJ und HAMAR zugelassen. Weiterhin wurden sämtliche Varianzen der latenten Variablen auf 1 fixiert und damit vereinheitlicht (Rosseel, 2012). Aufgrund der guten Modellanpassung³, $\chi^2(11) = 14.23$, $p = .221$ (0.518 Bollen-Stine Bootstrap), $CFI = .98$, $TLI = .95$, $RMSEA = .08$, $SRMR = .06$ wurde das Modell nicht weiter modifiziert. Eine vollständige Auflistung der Parameterschätzung ist in der Tabelle B.8 dargestellt. Hervorzuheben sind an dieser Stelle die Effekte („Regression Slopes“) der latenten Variablen. Es zeigt sich ein signifikanter Effekt der Informationsverarbeitung auf die Passgenauigkeit im Footbonaut. In diesem Modell konnten keine Effekte der Sprungkraft und Laufschnelligkeit auf die Passgenauigkeit und Passschnelligkeit gefunden werden.

3.2.3 Diskussion

Im Footbonaut werden fußballspezifische Handlungen unter dem Aspekt der Passschnelligkeit und Passgenauigkeit gemessen. Bisher ist unklar, welche Eigenschaften oder Fähigkeiten das Ergebnis der Handlung im Footbonaut beeinflussen. Ziel dieser Studie war es, die Struktur der sportlichen Leistung im Footbonaut aufzuzeigen. Es wurden Testleistungen aus Tests zur motorischen Schnelligkeit (Sprungkraft und Laufschnelligkeit) und Tests zur Informationsverarbeitung (Konzentrations- und Aufmerksamkeitstest) im Rahmen eines Strukturgleichungsmodells mit den Kennwerten aus dem Footbonaut (Passschnelligkeit- und Genauigkeit) gekoppelt.

Die Ergebnisse der SEM Analyse zeigen, dass lediglich das Konstrukt Informationsverarbeitung (gemessen durch DT und D2) einen signifikanten Einfluss auf die abhängige Variable Passgenauigkeit hat. Hingegen konnten keine weiteren Abhängigkeiten im Strukturmodell zwischen den Variablen Laufschnelligkeit und Sprungkraft und Passgenauigkeit und Passschnelligkeit, sowie Informationsverarbeitung und Passschnel-

³Nach Hu und Bentler (1999) liegt eine adäquate Modellpassung vor, wenn der CFI und TLI nahe bei 0.95, RMSEA bei 0.06 und SRMR bei 0.08 liegt.

lichkeit aufgedeckt werden. Vordergründig hängt die Ausprägung der Passgenauigkeit von der Fähigkeit ab, seine Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten.

Das modifizierte Modell ist aufgrund der Anpassungsgüte als akzeptabel zu bezeichnen. Der etwas über dem für eine gute bis mäßige Modellanpassung liegende RMSEA-Wert von .08 kann durchaus vernachlässigt werden, wenn man die Stichprobengröße und die Anzahl der Freiheitsgrade des Modells mit einbezieht (Kenny et al., 2014; Taasobshirazi & Wang, 2016). Post-Hoc Power Analysen ($\alpha = .05$; $DF = 11$; $n = 44$; H_0 RMSEA = .01, H_1 RMSEA = .1) ergeben eine Testpower von 0.23 (Preacher & Coffmann, 2016). Kenny et al. (2014) argumentieren aufgrund des Einflusses der Freiheitsgrade und der Stichprobengröße auf den RMSEA, diesem Fit Index weniger Beachtung zu schenken. Vor dem Hintergrund der Testpower von 0.23 und der geforderten Stichprobengröße von 207 Teilnehmern sind die Ergebnisse aus dem Strukturgleichungsmodell zu bewerten. Das hier gerechnete Modell gibt eine Tendenz wieder und sollte gegebenenfalls mit einer größeren Stichprobe erneut gerechnet werden. Zusätzlich sollten wenn möglich mehrere altersabhängige Modelle gerechnet werden.

Der FSPT bildet augenscheinlich Aspekte der motorischen und informatorischen Schnelligkeit sowie des Umgangs mit dem Spielgerät ab. Mittels einer Clusteranalyse und einem Strukturgleichungsmodell wird der Versuch unternommen die Aufgabenstruktur im FSPT aufzudecken. Aus der grafischen Exploration mittels einer Clusteranalyse kann vermutet werden, dass die Handlungszeit und damit die Schnelligkeit der Bewegungsausführung neben den Größen der motorischen und informatorischen Schnelligkeit ein eigenständiges Konstrukt darstellen. Zusätzlich deutet sich an, dass die Trefferquote und damit die Genauigkeit im FSPT eher eine Qualität der informatorischen Schnelligkeit darstellt. Hinweise dafür liefert auch das Strukturgleichungsmodell.

Es wurde davon gegangen, dass die Laufschnelligkeit und Sprungkraft (auch im Sinne von Schnellkraft) im Zusammenhang mit der Handlungszeit steht und weniger mit der Genauigkeit. Die Annahme wird über die Inhalte der Bewegungsaufgabe begründet. Die Bewegungsaufgabe im FSPT enthält neben der Ballkontrolle auch Bewegungsaufgaben wie bspw. schnelle Drehungen, kurze Richtungswechsel und kurze Antritte über 1-3 m. Vermutlich ist jedoch die Handlungszeit vorrangig von der Ballkontrolle im Sinne einer perfektionierten Technik abhängig. Ähnliche Ergebnisse konnten mit dem HGT im Handball erzielt werden. Risch et al. (1988) fanden in ihrer Studie keinen Zusammenhang zwischen der Wurfkraft und Handlungszeit. Hingegen zeigt die Studie von

Benounis et al. (2013), dass es durchaus Zusammenhänge zwischen der motorischen Schnelligkeit und der Testleistung bei einem Passtest (hier Total Performance LSPT) geben kann. Speziell werden Testleistungen aus Agilitytests (15 m Agility Run, 15 m Ball Dribbling und Illinois Agility Test) mit den Testleistungen aus dem LSPT assoziiert. Naylor und Greig (2015) konnten zeigen, dass die Fehlerrate beim Stroop Test⁴ mit der Agilityleistung zusammenhängt. Dies steht zumindest nicht im Widerspruch zu den Ergebnissen dieser Studie. Die divergierenden Ergebnisse der Studien können vermutlich dadurch erklärt werden, dass Agility Tests (insbesondere Reactive Agility Tests) eine höhere geistige Anforderung an die Studienteilnehmer stellen, als es bei den Tests zur motorischen Schnelligkeit in dieser Studie der Fall ist.

In weiteren Studien könnte überprüft werden, wie sich das Modell und damit die Kausalitäten im Strukturmodell nach Hinzunahme eines weiteren Konstruktes ändern. Mögliche Indikatoren könnten Testergebnisse sein, die die Ballkontrolle abbilden. Vor dem Hintergrund der Komplexität des Technik-Begriffes, der insbesondere den Kontext eines Wettkampfes beinhaltet (Größen wie Antizipation, Strategie, Erfahrung usw.) werden für dieses Erklärungsmodell möglichst einfache Messgrößen aus Tests zur Ballkontrolle ohne taktische Anforderungen mit einem spezifischen Informationsgehalt empfohlen. Indikatorvariablen, die Qualitäten der Antizipation oder Taktik erfassen, werden vermutlich wenig mit der FSPT-Aufgabe gemeinsam haben. Sie eignen sich eher als Nachweis der diskriminanten Konstruktvalidität.

Kritisch hervorzuheben ist, dass dieser Ansatz des Aufhellens der Leistungsstruktur im Footbonaut keinesfalls den Transfer von Testergebnissen aus dem FSPT zu echten Wettkampfergebnissen ersetzt. Untersuchungen zum Transfer zur Wettkampfpraxis sollten in zukünftigen Studien vorgenommen werden.

Festzuhalten ist, dass im FSPT die Sprungkraft und Laufschnelligkeit einen geringen Einfluss auf die Schnelligkeit der Bewegungsausführung und die Passgenauigkeit hat. Vielmehr gibt es Anzeichen, dass mit dem FSPT vorrangig die Ballkontrolle und die Qualität der Informationsverarbeitung abgeschätzt werden kann. In weiteren Studien sollte das Modell mit einer ausreichend großen Stichprobe gerechnet und mit Testleistungen aus Agilitytests und Tests zur Ballkontrolle angereichert werden, um einen noch detaillierteren Einblick in die Leistungsstruktur des FSPT zu bekommen.

⁴ein gängiges Verfahren in der psychologischen Eignungsdiagnostik zum Abschätzen der Informationsverarbeitung

3.3 Leistungsgruppen im Footbonaut Short Passing Test

Die dritte Studie widmet sich der Reliabilität und der Kriteriumsvalidität des FSPT. Im Mittelpunkt steht die Frage, ob und wie sich die beiden Parameter Handlungszeit und Trefferquote im Pre- und Posttest verändern. Nebenher werden mögliche Unterschiede zwischen Elite- und Non-Elite-Spielern analysiert. Zur Abschätzung der Reliabilität wurden die Daten der Berliner Studienreihe verwendet (siehe Tabelle B.2 und Abschnitt 2.1). Die Kriteriumsvalidität wurde nach der „Technik der bekannten Gruppen“ abgeschätzt (Bortz & Doering, 2006). Die Grundlage der Gruppierung ist im Abschnitt 2.2 ausführlicher beschrieben. Es wird angenommen, dass es sich bei HZ und TQ kurzfristig um relativ stabile und valide Merkmale handelt. Konkret bedeutet dies, dass die Anzahl der Messwiederholungen (auf Sessionebene) keinen Einfluss auf die Variablen HZ und TQ hat und die Leistungsgruppen (Elite vs. Non-Elite) sich in den Testleistungen unterscheiden.

3.3.1 Methode

Ablauf

Die Teilnehmer der Berliner Studienreihe wurden gebeten, an zwei Tagen zu Messungen in den Footbonaut (Standort Berlin) zu kommen. Jeder Teilnehmer wurde zu einem FSPT Test und einem Retest eingeladen. Zwischen den beiden Terminen lagen mindestens 10 Tage. In dieser Zeit wurde von den Teilnehmern das normale Trainings- und Wettkampfprogramm fortgeführt. Keiner der Teilnehmer hatte vorher die Möglichkeit, im Footbonaut zu trainieren oder einzelne Ballaufgaben zu lösen. An den Tagen der Messungen bekamen die Spieler vor dem FSPT sechs zufällig ausgewählte Ballaufgaben zur Gewöhnung an den Footbonaut. Anschließend absolvierten sie vier Messwiederholungen des FSPT (nähere Beschreibung siehe Unterabschnitt 2.3.1) mit einer Pause von nicht weniger als 10 Minuten. Sämtliche Teilnehmer wurden aufgefordert die Ballaufgaben „so schnell und präzise wie möglich“ zu lösen. Die Teilnehmer starteten den FSPT in der Mitte der Testzone des Footbonaut nach einem Countdown von 10 Sekunden.

Stichprobe

Für diese Studie wurde der komplette Datensatz der Berliner Studienreihe ($N = 79$, siehe Tabelle B.2) verwendet. Auf der Basis der kleinsten nachweisbaren Effektgröße $\delta = 30$ (Einheiten in ms), einer Fehlerwahrscheinlichkeit von $\alpha = .05$ und einer konventionellen Teststärke von $1 - \beta = 0.80$ (Bortz & Doering, 2006) ergab sich für Messwiederholungseffekte mit acht Messwiederholungen eine notwendige Stichprobengröße von 20 Teilnehmern pro Gruppe (Donohue et al., 2016; G. Liu & Liang, 1997). Die Korrelation zwischen dem random intercept und dem random slope wurde auf $r = .6$ gesetzt. Die Varianzen wurden aus dem Modell 2 entnommen.

Datenanalyse

Grundlage der Datenanalyse bilden die gemittelten HZ und TQ aus den einzelnen FSPT Sessions. Der Datensatz wurde in drei Stufen analysiert. Im ersten Analyseschritt wurde überprüft, ob es einen Zusammenhang zwischen den beiden Variablen HZ und TQ gibt. Im zweiten Analyseschritt wurden die mittlere HZ und die mittlere TQ aus sämtlichen Session zwischen den beiden Gruppen (Elite, Non-Elite) verglichen. Im letzten Analyseschritt wurde mittels linear gemischter Modelle der Effekt von Messwiederholungen auf die HZ und TQ überprüft. Die Modelle wurden unter Verwendung von R (R Core Team, 2017) und dem Paket LME4 (D. Bates et al., 2015; D. M. Bates, 2010) erstellt und verglichen. LME4 ermöglicht die Analyse von Daten aus Längsschnittuntersuchungen unabhängig der Abstände der Messzeitpunkte und der Anzahl der Teilnehmer. Es wurde ein Nullmodell (intercept only) und zwei *correlated random intercept and slope*-Modelle erstellt. Die Überprüfung der Annahme der normalverteilten Residuen erfolgte grafisch. Anschließend wurde mit dem Likelihood-Ratio-Test überprüft, ob sich die Modelle voneinander unterscheiden. Sämtliche Grafiken in dieser Studie wurden mit dem Paket „ggplot2“ erstellt (Wickham, 2009).

3.3.2 Ergebnisse

Das Ergebnis der Produkt-Moment-Korrelation zwischen den beiden Variablen HZ und TQ über sämtliche Sessions zeigt keinen signifikanten Zusammenhang mit $r(458) = -.03$, $p = .53$, siehe auch Abbildung A.14. Rückschließend aus diesem Ergebnis ist es

zulässig die beiden Variablen im Messwiederholungsdesign unabhängig voneinander zu betrachten und zu analysieren. Mittelwerte und Standardabweichungen sowie die Anzahl der Teilnehmer pro Messtag sind in der Tabelle B.9 aufgelistet. Die Rohwertverteilungen und die geschätzten Messwerte aus den bevorzugten Modellen sind in Abbildung A.15, A.16, A.17 & A.18 abgebildet. Die festen und zufälligen Effekte der Messwiederholung auf die jeweiligen Variablen sind kompakt in den Tabellen B.10 und B.11 dargestellt.

Handlungszeit

Im ersten Schritt wurde überprüft, ob es Unterschiede der HZ zwischen den beiden Leistungsgruppen (Elite, Non-Elite) gibt. Dafür wurde für jeden Teilnehmer das arithmetische Mittel aus seinen maximal acht gespielten Sessions gebildet (Tab. B.9). Diese Mittelwerte wurden verwendet, um die Unterschiede zwischen den Gruppen zu überprüfen. Es konnten signifikante Unterschiede der mittleren HZ aus sämtlichen Sessions zwischen den leistungstärkeren (Elite; $M = 2487$, $SD = 155$) und den leistungsschwächeren (Non-Elite; $M = 2682$, $SD = 176$) nachgewiesen werden; $t(106) = -6.27$, $p < 0.01$, $d = .97$. Mit 95 % Sicherheit liegen diese Mittelwertdifferenzen zwischen -256.47 und -133.31 Millisekunden.

Im zweiten Analyseschritt wurde überprüft, ob sich die HZ über maximal acht Sessions verändert. Die Ergebnisse der Analyse zeigten keinen signifikanten Einfluss der Anzahl der Messwiederholungen auf die Ausprägung der HZ (Tab. B.10). Die Parameterschätzung der festen Effekte im ersten Modell liegt bei -2579 ms und -2.86 ms. Die Schätzung repräsentiert einen für die Stichprobe typischen Startwert (Intercept) von 2.5 Sekunden und eine typische, nicht substantielle Verringerung der HZ über acht Messwiederholungen von ungefähr 0.003 Sekunden pro Session.

Der Zusammenhang zwischen dem geschätzten Startwert und der Änderungsrate (Anstieg der Regressionsgerade für jeden Teilnehmer) ist hoch, $r(77) = -.61$, $p < 0.001$. Das bedeutet, dass Spieler mit einem hohen geschätzten Startwert der HZ von der Anzahl der Messwiederholungen mehr profitieren– sie zeigen einen höheren negativen Anstieg– als Spieler mit einer niedrigen Handlungszeit zu Beginn der Messreihen. Weiter wurde festgestellt, dass der individuelle Anstieg der Regressionsgerade zwischen den

Teilnehmern variiert ($Q_{0.25/075}[-13.4;7.3]$). Einige Teilnehmer werden demnach negativ durch die Messwiederholungen beeinflusst.

Ein erweitertes Modell mit der zusätzlichen Variable Gruppenzugehörigkeit ergibt ebenfalls keinen signifikanten Einfluss der Messwiederholungen auf die Ausprägung der HZ. Der Faktor Gruppenzugehörigkeit hat im Modell einen signifikanten Einfluss und verbessert die Anpassungsgüte ($\chi^2(2) = 31.07, p < .001$) des Modells im Vergleich zu den simpleren Modellen. Der geschätzte Startwert der HZ für die Leistungsschwächeren ist signifikant höher um 247 ms (95% CI [153.12,341.59]). Ein Interaktionseffekt konnte nicht nachgewiesen werden. Die Ergebnisse lassen die Annahme zu, dass leistungstärkere Spieler signifikant schneller im Lösen der Passaufgaben sind als leistungsschwächere Teilnehmer. Unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit konnte kein Effekt der Messwiederholungen auf die Ausprägung der HZ festgestellt werden.

Treffergenauigkeit

Im ersten Schritt wurde überprüft, ob es Unterschiede der TQ zwischen den beiden Leistungsgruppen (Elite, Non-Elite) gibt. Dafür wurde für jeden Teilnehmer das arithmetische Mittel der TQ aus maximal acht gespielten Sessions gebildet. Diese Mittelwerte wurden verwendet, um die Unterschiede zwischen den Gruppen zu überprüfen. Es konnten keine signifikante Unterschiede der mittleren TQ aus sämtlichen Sessions zwischen den leistungstärkeren (Elite; $M = 74.13, SD = 7.65$) und den Leistungsschwächeren (Non-Elite; $M = 72.19, SD = 8.13$) nachgewiesen werden; $t(109) = 1.32, p = .19, d = .16$.

Im zweiten Analyseschritt wurde überprüft, ob sich die TQ über maximal acht Sessions verändert. Die Ergebnisse der Analysen zeigten einen signifikanten Einfluss der Messwiederholungen auf die Ausprägung der TQ (Tab. B.11). Die Parameterschätzung der festen Effekte im ersten Modell liegt bei 69.97 % und 0.86 %. Die Schätzung repräsentiert eine für die Stichprobe typische TQ zum Zeitpunkt Null (Intercept) von 69 % und einen geschätzten Anstieg von 0.86 % pro Session ($p < .01$).

Der Zusammenhang zwischen dem geschätzten Startwert und der Änderungsrate (Anstieg der Regressionsgerade für jeden Teilnehmer) ist hoch, $r(77) = -.72, p < .001$. Das bedeutet, dass Spieler mit einem geringen geschätzten Startwert der TQ von der Anzahl der Messwiederholungen mehr profitieren –zeigen einen höheren positiven Anstieg– als Spieler mit einer höheren TQ zu Beginn der Messreihen. Entgegen

der Handlungszeit sind Koeffizienten überwiegend positiv ($Q_{0.25/0.75}[0.55;1.22]$). Was bedeutet, dass sich die TQ der Teilnehmer überwiegend positiv geändert hat.

Die Hinzunahme des Faktors Gruppenzugehörigkeit (Modell 2) verbessert das Modell nicht, $\chi^2(2) = 5.53, p = .06$. Das zweite Modell wird verworfen und nicht weiter berücksichtigt. Das erste Modell ohne Unterscheidung zwischen den Gruppen ist ausreichend, um die Daten zu beschreiben und zeigt einen signifikanten Anstieg der TQ pro Session pro Messwiederholung.

3.3.3 Diskussion

In dieser Studie wurde überprüft, ob sich die Handlungszeit über mehrere Messungen innerhalb eines relativ kurzen Zeitraums (4 Messungen an zwei Tagen/10 Tage zwischen den Tagen) verändert oder stabil bleibt. Weiter wurde im Sinne der Kriteriumsvalidität überprüft, ob bereits gesichtete Spieler schneller und genauer passen als nicht gesichtete Spieler. Ein valider Test sollte vorab bekannte Leistungsunterschiede auch als solche detektieren können. Würden Spieler aus den NLZ genauso gut im FSPT abschneiden, wie Spieler die nicht im NLZ spielen, wäre der FSPT zu hinterfragen. Als Kriterium für die sportliche Leistung der jungen Fußballspieler diene einerseits die Zugehörigkeit zu einem NLZ und andererseits die Lizenzzugehörigkeit im Wettkampfbetrieb. Die Gruppe der nicht NLZ-Spieler wurde so ausgewählt, dass die Spieler nicht höher als Verbandsliga spielen, hingegen die NLZ Spieler Verbandsliga oder höher spielen. Damit ist zumindest für den Großteil der Spieler ein Leistungsunterschied anzunehmen. Zusätzlich wurde angenommen, dass die Messwiederholungen keinen Einfluss auf die HZ oder TQ haben. Im günstigsten Fall gibt es keine überzufälligen Veränderungen nach mehreren Messungen. Schlechter zu kontrollieren, aber dennoch zulässig, wären Veränderungen, die jeden Teilnehmer gleichermaßen betreffen.

Der Zusammenhang zwischen der Trefferquote und der Handlungszeit ist im Gegensatz zur Studie 2 wesentlich geringer (Kap. 3.2). In der Hoffenheimer Studienreihe wurde ein Zusammenhang von $r = -.43$ (Tab. B.7) gefunden. Bei der Berliner Stichprobe ist der Zusammenhang zwischen TQ und HZ mit $r = -.03$ angegeben. Dieser Unterschied kann im Nachhinein vernachlässigt werden, da der Zusammenhang bei der Hoffenheimer Stichprobe nicht signifikant ist. Betrachtet man die Zusammenhänge in Abhängigkeit des Alters, zeigt sich, dass die Koeffizienten stark variieren.

Nach acht Messungen konnten keine systematischen Lerneffekte der Handlungszeit gefunden werden. Dies gilt sowohl für die NLZ-Spieler, als auch für die nicht erfolgreich gesichteten Spieler. Hingegen zeigt sich bei der Passgenauigkeit nach acht Messungen eine leichte Verbesserung von knapp 1% pro Session⁵. Extrapoliert man das Ergebnis, würde man nach 20 Messungen eine Trefferquote von 90 % erwarten. Dies führt zu der Vermutung, dass nach wiederholten Messungen Deckeneffekte in der Trefferquote auftreten können. Diese möglichen Deckeneffekte der Passgenauigkeit im Footbonaut verdeutlichen auch die Trainierbarkeit der Variable Trefferquote unter den vorherrschenden Bedingungen im Footbonaut.

Mit einer hohen Wahrscheinlichkeit sind gesichtete Spieler schneller aber nicht präziser im Ausführen von Kurzpassaufgaben im FSPT. Der geschätzte Unterschied der Mittelwerte der Handlungszeit liegt bei etwa 250 ms zwischen den NLZ-Spielern und den leistungsschwächeren Teilnehmern. Bei der Variable Trefferquote ist eine hohe Variabilität zwischen den Teilnehmern und für jeden Teilnehmer einzeln nachgewiesen. Die großen Streuungen der Variable TQ führen in der Auswertung zu geringen Effekten der Mittelwertdifferenzen. Es kann festgehalten werden, dass der Kennwert HZ sensibler auf Leistungsunterschieden reagiert als die Trefferquote.

Im Post-Test nahmen von den NLZ-Spielern lediglich 14 Spieler teil. Dieser Umstand kann Auswirkungen auf die Parameterschätzungen im Modell haben. Insbesondere fehlten die Spieler (aufgrund von Verletzungen und zusätzlichen Wettkampfbelastungen), die im Pretest auch bessere Werte in der Handlungszeit erbrachten. Das erklärt den leichten erkennbaren Anstieg in der Abbildung A.17 in den letzten Messungen. Die Verbesserung der TQ kann auf Lerneffekte oder anderer soziale, psychologische oder physiologische Einflüsse zurückgeführt werden. Anzunehmen ist, dass psychologische Faktoren (bspw. Konzentration, Aufmerksamkeit, Selbstwirksamkeit) eine Rolle spielen.

Die Passgenauigkeit und Passschnelligkeit im Footbonaut als abstrakte, fußballspezifische Wettkampfgrößen sind in ihrer Gültigkeit zu hinterfragen. Erstens sind die Zielfelder fest und unbeweglich. Im Wettkampf und Training im Feld hingegen sind Mit- und Gegenspieler oftmals in Bewegung. Daraus folgt, dass zweitens die Qualität eines Passes nicht zwingend durch die Ballgeschwindigkeit und Schnelligkeit der Bewegungsausführung bestimmt ist. Ein Pass im Wettkampf hat neben der örtlichen Komponente (Wohin wird gepasst?) auch eine zeitliche Komponente (Wann wird gepasst?). Daraus

⁵Diese Schätzung wurde dem Modell ohne Gruppenvariable entnommen

folgt auch, dass ein Pass hinsichtlich der Geschwindigkeit dem Zielort angepasst werden muss. Verzögerungen beim Abspiel können neue Handlungsoptionen erzeugen. Ein Laufpass in den Raum muss die richtige Geschwindigkeit haben, damit der Empfänger ihn erlaufen kann. Dennoch reicht der Abstraktionsgrad aus, um Leistungsunterschiede bei jugendlichen Fußballspielern messbar zu machen. In weiteren Versuchen sollte überprüft werden, ob auch zwischen anderen Stichproben, deren Wettkampfleistung näher zusammenliegen, Unterschiede festzustellen sind.

In den aktuellen Stand der Theorie sind die Ergebnisse hinsichtlich der Unterschiede zwischen den Leistungsgruppen recht gut einzuordnen. Ähnliche Studiendesigns wurden auch mit dem LSPT umgesetzt. McDermott et al. (2015) fanden ebenfalls Leistungsgruppenunterschiede bei Kindern und Jugendlichen in der Handlungszeit. Ali et al. (2007) konnte diese Unterschiede zwischen Elite und Non-Elite -Spielern hinsichtlich der Ausführungszeit von Passaufgaben auch nachweisen. Zusätzlich wurde in der LSPT Studie von Ali et al. (2007) ein Schusstest durchgeführt (der Loughborough Soccer Shooting Test) hier konnten keine Unterschiede zwischen Elite und Non-Elite-Spielern auf einer Punkteskala festgestellt werden. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den Ergebnissen aus dieser Studie. In einer systematischen Übersicht stellt Wen et al. (2018) heraus, dass die Test-Retest Reliabilität des LSPT mittel bis sehr gut ausfällt und eine akzeptable diskriminante Validität (Leistungsniveau und Altersklassen) angezeigt ist. Auch diese Ergebnisse stehen nicht im Widerspruch zu den Ergebnissen mit dem Footbonaut.

Studien mit dem HGT zeigten ähnliche Ergebnisse hinsichtlich der Unterschiede der Handlungszeit zwischen Elite und Non-Elite-Spielern (G. Konzag, 1979). In dieser Studie wurden Juniorenauswahlspieler ($n = 35$) mit Klub-Juniorenspielern ($n = 32$) verglichen. Besonders deutlich waren die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (zugunsten der DDR-Auswahljunioren) bei Aufgaben mit Entscheidungsanforderungen. Durchschnittlich benötigten die Klub-Spieler bei diesen Aufgaben 216 ms mehr Zeit als die Auswahlspieler. Allerdings fand die Studiengruppe auch signifikante Unterschiede der Trefferquote bzw. Zielgenauigkeit zwischen den Gruppen. Dieses Ergebnis kann mit der Berliner Studienreihe nicht bestätigt werden. Vermutlich ist die Größe des Zielfeldes in der HGT Studie wesentlich kleiner, ein Grund für die Sensibilität der Variable Trefferquote. Untersuchungen innerhalb kürzerer Zeitabstände, wie sie hier in der Berliner

Studienreihe zum Footbonaut vorgenommen wurden, sind den Veröffentlichungen nicht zu entnehmen.

Der Footbot in Krasnodar (FK Krasnodar) hat als Weiterentwicklung extra tiefliegende Zielfelder für Flachpässe eingebaut. Dieser Schritt erscheint sinnvoll, um die Zielvariable Trefferquote bei Kurzpassaufgaben sensibler zu machen. Messinstrumente wie der SoccerBot360 setzen die Schwerpunkte auf kognitive Aufgaben. Geplant ist die Reproduktion und Darstellung echter Spielsituationen als visuelle Stimuli. Ähnliche Ansätze, um die Spezifik der Reize zu erhöhen und eine wettkampfspezifische Wahrnehmungs- und Handlungskopplung zu erfassen, sind auch in anderen Studien zu finden (Hagemann et al., 2008; Helsen & Starkes, 1999).

Unklar bleibt, welche Einflussgrößen die Unterschiede zwischen den Leistungsgruppen verursachen. Zu vermuten ist, dass besonders die Ballannahme und die Passtechnik hier eine Rolle spielen. Kinematische Einflussgrößen könnten im Setzen des Standbeins und in der Schwungphase zu finden sein. Ebenso spielen sicherlich die Krafteinsätze der unteren Extremitäten bei der Ballannahme, im Sinne eines koordinierten Umgangs mit dem Sportgerät eine Rolle. Jedoch muss auch berücksichtigt werden, dass jeder Spieler seine eigene Lösungsstrategie hat und Schwächen bei einer Einflussgröße über eine andere kompensieren kann. Aus diesen Überlegungen kann angenommen werden, dass die Aufgabe im Footbonaut vorrangig von der Technik im Sinne einer Ballkontrolle bestimmt wird.

Zusammenfassend lassen sich die Ergebnisse, zumindest für die Handlungszeit, gut in den bestehenden Wissensstand einordnen. Statistisch bedeutsame Unterschiede zwischen leistungsstärkeren und leistungsschwächeren Jugendspielern lassen sich mithilfe von Kurzpasstests nachweisen. Wird die Trefferquote verwendet, sind die Ergebnisse nicht ganz einheitlich. Hier wird über eine große Streuung der Werte (Trefferquote) bei Schuss- und Passhandlungen berichtet.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass die mittlere HZ im FSPT ein aussagefähiger Parameter ist, hingegen die TQ weniger reliabel und valide ist. Wie angenommen, lösen leistungsstärkere Teilnehmer die Ballaufgaben im Footbonaut schneller als leistungsschwächere Teilnehmer. Die mittlere HZ änderte sich im Verlauf der acht Messreihen (Test-Retest) nicht substantiell. Im Gegensatz dazu konnte ein signifikanter Anstieg der TQ über acht Messreihen beobachtet werden.

3.4 Alter und Spielpositionen im Footbonaut Short Passing Test

In der vierten Studie wird der Frage nach dem Einfluss des kalendarischen Alters, der Spielposition und der Anzahl von Sessions auf die Footbonaut Performance nachgegangen. Es wird angenommen, dass das Alter und die Spielposition einen Einfluss auf die Handlungszeit und Trefferquote im FSPT haben. Im Speziellen begründet sich die Annahme damit, dass es sich bei den Testaufgaben im FSPT um motorische Aufgaben handelt und damit der körperliche Entwicklungsstand einen Einfluss haben müsste. Ebenso wird auf der Basis von Spieldaten angenommen, dass die Spielpositionen und damit die im Laufe der Wettkampfsjahre gesammelten technisch-taktischen Erfahrungen einen Einfluss auf die FSPT-Testleistungen haben (Kap. 1.2). Bezüglich des Einflusses der Anzahl der gespielten Sessions wird angenommen, dass die Handlungszeit nach wiederholten Messungen relativ stabil bleibt. Ausgehend von den Ergebnissen der Studie zu den Leistungsgruppenunterschieden (Kapitel 3.3.2) hingegen wird angenommen, dass es zu Veränderungen des Testwertes TQ nach mehrfachem Testen kommt.

3.4.1 Methode

Stichprobe

Die Stichprobe stammt aus der Hoffenheimer Messreihe und wurde vor der Analyse bereinigt (siehe Tabelle B.3). Die drei Frauen-Teams (1. Bundesliga, 2. Bundesliga und Frauen U17) sowie das Team Zuzenhausen wurden in der statistischen Auswertung nicht berücksichtigt. Ebenso die Torhüter der jeweiligen Mannschaften. Die Verteilungen der HZ wurden oben und unten beschnitten, sodass ausschließlich Ballitems, deren HZ im Intervall von 900-4500 ms liegen, in weitere Berechnungen eingehen. Die verbleibenden Teams wurden in drei Alterskohorten (U12-U15, U15-U17 und $> U19$) eingeteilt. Nach der Bereinigung bleiben 154 Teilnehmer, die an der Studie teilgenommen haben. Die nach Spielposition x Alter bzw. Alter x Session gruppierten Mittelwerte und Standardabweichungen der HZ und TQ sind der Tabelle B.12 und B.13 zu entnehmen. Die Spielpositionen wurden beim Anlegen eines Spielerprofils in der Footbonaut-Datenbank durch die Übungsleiter und Verantwortlichen der TSG 1899 Hoffenheim festgelegt.

Für jeden Teilnehmer wurden die Spielpositionen aus der Datenbank extrahiert und anschließend gruppiert nach Verteidigung, Mittelfeld und Sturm.

Datenanalyse

Grundlage der Datenanalyse bilden die gemittelten HZ und TQ aus den einzelnen Sessions. Die Datenanalyse erfolgte in zwei Schritten analog zur Datenanalyse der Studie 2 (Kapitel 3.3.1). Im ersten Analyseschritt wurde überprüft, ob es einen Zusammenhang zwischen den beiden Variablen HZ und TQ gibt. Im zweiten Analyseschritt wurde mittels linear gemischter Modelle der Effekt der Spielposition, des Alters und der Messwiederholungen auf die HZ und TQ überprüft. In der Vorgehensweise wurden jeweils für die Zielvariable HZ und TQ drei *correlated random intercept and random slope*-Modelle mit ansteigender Komplexität berechnet. Dies war notwendig um die Modellpassung zu vergleichen. Die linear gemischten Modelle wurden unter Verwendung von R (R Core Team, 2017) und dem Paket LME4 (D. Bates et al., 2015; D. M. Bates, 2010) sowie der internen Dokumentation dieses Paketes erstellt und verglichen. LME4 ermöglicht die Analyse von Längsschnittdaten unabhängig der Abstände der Messzeitpunkte und der Anzahl der Teilnehmer. Die zulässige Korrelation der zufälligen Effekte in diesen Schätzmodellen erlaubt die Überprüfung des Zusammenhangs zwischen dem geschätzten Startwert der Messung (Intercept) und der Veränderung des Wertes (Anstieg) in Abhängigkeit der Anzahl der Messwiederholungen. Anschließend wurde mittels dem Likelihood-Ratio-Test überprüft, ob sich die Modelle voneinander unterscheiden. Die Effektgrößen für die Unterschiede der TQ und HZ in Abhängigkeit der Spielposition wurden mithilfe des R-Paketes „Effects“ berechnet (Fox & Weisberg, 2019). Sämtliche Grafiken in dieser Studie wurden mit dem Paket „ggplot2“ erstellt (Wickham, 2009).

3.4.2 Ergebnisse

Im ersten Schritt wurde überprüft, ob die HZ mit der TQ korreliert. Es zeigt sich ein mittlerer Zusammenhang von $r(619) = -.31, p < .001$, siehe Abbildung A.19. Das bedeutet, Teilnehmer mit einer geringeren mittleren HZ in den Sessions erzielen in der Tendenz eine höhere TQ. Die Varianzaufklärung mit $r^2 = 0.09$ ist als gering zu bewerten. Der mittlere Zusammenhang und die geringe Varianzaufklärung zwischen den beiden Variablen erlaubt, wie auch schon in Studie 2 (Kapitel 3.3.2), eine separate

Analyse von FSPT Variablen. Die Effekte der Spielposition auf die HZ und TQ innerhalb der Alterskohorten sind in der Abbildung A.20 und A.21 aufbereitet. Ebenso lassen sich die Effekte der Messwiederholungen grafisch darstellen (siehe Abbildung A.22 und A.23). Die festen und zufälligen Effekte aus den drei linear-gemischten Modellen sind in den Tabellen B.14 und B.15 zusammengefasst. Es wurden je drei Modelle für die abhängigen Variablen HZ und TQ mit den unabhängigen Variablen Spielposition, Alter und Session gerechnet. Die unabhängigen Variablen (Spielposition, Alterskohorte und Session) entsprechen den festen Effekten im Modell. Als zufällige Effekte wurden die Session und die Spieler bestimmt. Daraus ergeben sich zwei Level; Spieler und Session.

Modell 1 Handlungszeit \sim Spielposition + (Session|Spieler)

Modell 2 Handlungszeit \sim Spielposition * Alterskohorte + (Session|Spieler)

Modell 3 Handlungszeit \sim Spielposition * Alterskohorte * Session + (Session|Spieler)

Handlungszeit

Die alters- und positionabhängigen Mittelwerte und Standardabweichungen in der Tabelle B.12 deuten darauf hin, dass es keine Unterschiede zwischen den HZ in Abhängigkeit von der Spielposition gibt. Ein Blick auf die Mittelwerte und Standardabweichungen der HZ in Abhängigkeit von der Alterskohorte (Tabelle B.13) und Session lässt vermuten, dass ein absteigender Trend vorliegt. Im ersten Modell konnte kein signifikanter Einfluss der Spielpositionen auf die HZ im Footbonaut festgestellt werden. Im zweiten Modell nach Hinzunahme des Alters zeigte sich ebenfalls kein Effekt der Spielposition auf HZ. Hingegen wurden Effekte des Alters deutlich mit $\beta = -83.88$ und $\beta = -148.79$ für die Gruppe U15-U17 und >U19 (Tabelle B.14). Die älteren Teilnehmer (> U19) sind im Mittel um 148.79 ms schneller als Teilnehmer der Alterskohorte U12-U14. Im Vergleich der U15-U17 und der U12-14 zeigt sich ebenso ein signifikanter Unterschied, der jedoch mit -83.88 ms etwas geringer ausfällt. Im dritten Modell, nach Hinzunahme der Session, ist der Gruppeneffekt zwischen der U15-U17 und der U12-14 nicht mehr vorhanden. Ein Effekt konnte lediglich für die älteren Spieler (> U19) mit $\beta = -250.09$ im Vergleich zur Gruppe U12-U14 gefunden werden. Die Session hat einen signifikanten Einfluss auf die HZ insofern, dass sich die Zeiten gruppenunabhängig pro Session um geschätzte 47 ms

verringern. Der Interaktionseffekt zwischen dem Alter und der Session (Messwiederholung) ist zwischen der $> U19$ und $U12-U15$ vergleichsweise größer ($\beta = 35.37$) als der Unterschied zwischen der $U15-U17$ und $> U19$. Dieser signifikante Effekt deutet darauf hin, dass die älteren Spieler durch die Messwiederholungen weniger beeinflusst werden, als die jüngeren Teilnehmer. Weitere Interaktionseffekte konnten nicht gefunden werden. Die Variablen Alterskohorte und Session haben im Modell 3 einen signifikanten Einfluss und verbessern die Anpassungsgüte ($\chi^2(15) = 123.198, p < .001$) des Modells im Vergleich zu den Modellen 1 und 2.

Trefferquote

Die altersabhängigen Mittelwerte und Standardabweichungen (siehe Tabelle B.12) der TQ liegen zwischen 78 % und 82 % mit einer Streuung zwischen 10 und 14 Standardabweichungen. Die Mittelwerte in Abhängigkeit der Session und des Alters liegen zwischen 66 % und 93 % (Tabelle B.13). Die Standardabweichung liegt im Bereich zwischen 5 und 15 Einheiten. Im ersten und im zweiten Modell konnten keine signifikanten Spielpositions- oder Alterseffekte auf die TQ im Footbonaut nachgewiesen werden (siehe Tabelle B.15). Nach Hinzunahme der Session als Einflussgröße zeigen sich signifikante Effekte im Altersvergleich. Die Teilnehmer der Gruppe $U15-U17$ zeigen im Vergleich zur Gruppe $U12-U14$ einen geringeren geschätzten Startwert von $\beta = 9,97$. Die Session (Messwiederholung) hat für alle drei Gruppen einen signifikanten Effekt mit einer Steigerungsrate pro Session von geschätzten 1.88 %. Die Gruppe der $U15-U17$ unterscheidet sich hinsichtlich ihrer Veränderung signifikant von der Gruppe $U12-U14$ mit $\beta = 2.85$. Der Unterschied der Veränderung der TQ pro Session zwischen diesen beiden Gruppen liegt demnach bei geschätzten 2.85 %. Erkennbar ist dieser Unterschied des Anstieges in der Abbildung A.23. Weitere Effekte und Interaktionen konnten nicht gefunden werden. Die Variablen Alterskohorte und Session haben im Modell 3 einen signifikanten Einfluss und verbessern die Anpassungsgüte ($\chi^2(9) = 80.05, p < .001$) des Modells im Vergleich zu den Modellen 1 und 2.

3.4.3 Diskussion

Ziel dieser Studie war es zu überprüfen, ob die Spielpositionen, das Alter und die Anzahl der Sessions einen Einfluss auf die HZ und TQ der Teilnehmer haben. Es wurde ange-

nommen, dass alle drei Variablen einen Einfluss auf die Ausprägung der Footbonaut Performance haben. Lediglich die Handlungszeit sollte sich aufgrund der vorherigen Ergebnisse (3.3.2) nach Messwiederholungen nicht verändern. Zur Überprüfung der Annahmen wurden pro abhängiger Variable drei linear gemischte Modelle mit zunehmender Komplexität erstellt und berechnet. Die Hauptergebnisse dieser Studie lassen sich in kompakter Form zusammenfassen:

1. Die Spielposition hat keinen Einfluss auf die Ausprägung der HZ im Footbonaut. Vielmehr gibt es Alterseffekte auf die HZ. Spieler der älteren Gruppe $> U19$ sind signifikant schneller als Spieler der U12-15. Dieser Unterschied bleibt auch nach mehrfachem Testen mit dem FSPT bestehen. Zwischen der $> U19$ und der U15-U17 gibt es lediglich zu Beginn der Messungen einen Unterschied. Nach Messwiederholungen gleichen sich die Gruppen an. Gruppenunabhängig hat die Messwiederholung einen Effekt auf die HZ mit einer geschätzten Steigerung von -47 ms (0.047 s) pro Session. Nach acht Sessions läge die Steigerung bei ca. 0.38 Sekunden. Die Veränderung der HZ der Gruppe $< U19$ ist im Vergleich zur Gruppe U12-U15 um 35 ms geringer.
2. Die Spielposition hat keinen Einfluss auf die Ausprägung der TQ im Footbonaut. Hingegen konnten Alterseffekte auf geringem Signifikanzniveau nachgewiesen werden. Die Gruppe der U15-U17 unterscheidet sich zum Zeitpunkt Null signifikant von der U12-U14. Jedoch konnte kein signifikanter Unterschied der Steigerungsrate zwischen den Erwachsenen und den Kindern (U12-U14) gefunden werden. Die Messwiederholung hat gruppenunabhängig einen signifikanten Einfluss auf TQ. Die Ausprägung der TQ erhöht sich schätzungsweise um 1.88 % pro Session. Die Steigerung pro Session ist für U15-U17 am höchsten.

Rein quantitativ kann behauptet werden, dass Mittelfeldspieler und Innenverteidiger eine höhere Anzahl an Pässen realisieren als Spieler auf den anderen Positionen (Dellal et al., 2010; Redwood-Brown et al., 2012; Taylor et al., 2004). Das deutet daraufhin, dass die technisch-taktischen Anforderungen, insbesondere zum Passverhalten, auf den Spielpositionen zumindest quantitativ verschieden sind. Es konnten keine Studien identifiziert werden, die den Einfluss der Spielposition im FSPT zum Gegenstand haben. Lediglich Serpiello et al. (2017) haben in Ihrer Studie zur Kriterienvalidität des LSPT

die Variable Spielposition hinzugezogen. Allerdings änderte dieser analytische Schritt nicht das Hauptergebnis. Einen Zusammenhang zu wettkampfspezifischen Passszenarien nachzuweisen gelang dadurch nicht. Vogt et al. (2018) haben den Einfluss der Spielposition auf die Handlungszeit und Trefferquote im Footbonaut (Random Session⁶) untersucht und konnten keinen Einfluss der Spielposition finden. Dieses Ergebnis konnte in der Hoffenheimer Studienreihe bei zusätzlicher Betrachtung der Messwiederholungen bestätigt werden. In zukünftigen Studien sollten die Art der Aufgabe im Footbonaut mit einbezogen werden, sowie die Spielpositionen nach innen, außen und zentral gruppiert werden.

Die Einteilung der Spielpositionen in Verteidiger, Mittelfeldspieler und Stürmer erfolgte in dieser Studie durch die Trainer mithilfe der Eingabemaske der Footbonaut Software. In der Mehrzahl der gesichteten Artikel wurde eine Einteilung in sieben Stufen verwendet (Bush et al., 2015; H. Liu, Gómez et al., 2016; Yi et al., 2018). Dabei werden die Dimensionen Außen und Innen bzw. Zentral mit einbezogen. Mit der simpleren Gruppierung, wie sie in dieser Arbeit übernommen wurde und auch bei Deprez et al. (2014) zu finden ist, kann es unter Umständen zu einem Informationsverlust kommen. Yi et al. (2018) konnten mit einer genaueren Einteilung Unterschiede zwischen Mittelfeldspielern außen und im Zentrum, bezogen auf einer Variable zum Passverhalten⁷ finden.

Der in dieser Studie nicht nachweisbare Zusammenhang von Spielposition und Passschnelligkeit und -genauigkeit kann durch die Schwierigkeit der Aufgabe erklärt werden. Die Aufgaben im Footbonaut sind im Grunde sehr einfach. Die visuellen Stimuli haben keinen Bezug zu Situationen aus dem Wettkampf. Sie bilden weder einen Mitspieler noch einen Gegenspieler ab und sind statisch. Für einen Fußballspieler, ohne Berücksichtigung seiner Spielposition und seines Alters scheint die Aufgabe einfach zu sein. Es kann angenommen werden, dass die Ballitems im Footbonaut eine „Basisfertigkeit“ (Grundfertigkeit) abbilden. Das bedeutet jedoch nicht, dass es grundsätzlich keine verschiedenen positionsspezifischen technisch-taktischen Anforderungen gibt. Vielmehr bedeutet es, dass Spieler auf jeder Position in der Lage sein sollten einen Pass schnell und genau zu spielen, unabhängig davon, ob zum Ziel eine Drehung erforderlich ist oder nicht. Daraus lassen sich Rückschlüsse ziehen. Wenn die Ballitems im FSPT für ältere und leistungsstärkere Spieler einfach zu lösen sind, ist der Einsatz des FSPT

⁶Zufällige Abfolge der Ballitems. Auch hier nur unsere Ballkanonen und Zielfelder.

⁷Detaillierte Variablenbeschreibung nachzulesen in Yi et al. (2018, S.4)

(und Footbonaut) in Training und Diagnostik eher für den Kinder- Jugendbereich zu empfehlen⁸.

In der Studie zu den Gruppenunterschieden (NLZ vs. nicht-NLZ, Abschnitt 3.3.2) konnten für zwei Leistungsgruppen keine Effekte von Messwiederholungen auf die HZ im Footbonaut nachgewiesen werden. Die Ergebnisse aus dieser Studie zeigen jedoch, dass es zu einer Verringerung der HZ im Footbonaut nach mehrfachen Testen mit der Testsession (FSPT) kommt. Besonders deutlich zeigt sich dies bei Kindern und Jugendlichen. Die abweichenden Ergebnisse können dadurch zustande kommen, dass die Teilnehmer der TSG 1899 Hoffenheim neben den Leistungsdiagnostiken den Footbonaut zusätzlich als Trainingsmittel nutzen (Abb. A.3). Die Ergebnisse der Studie (siehe Kapitel 3.1.2) zur Itemhomogenität der Testsession zeigen, dass Ballitems (Testaufgaben) miteinander korrelieren. Daher ist ein Transfereffekt vom Training im Footbonaut auf die Performance in der Testsession anzunehmen. Diese Annahme kann regressionsanalytisch überprüft werden, indem die Koeffizienten aus einem linear gemischten Modell als Maß der Veränderungsrate in Bezug zu der Anzahl der im Training (unabhängig der Studie) gespielten Bälle gesetzt wird. Die Anzahl der Bälle, die im Training im Footbonaut geschossen wurden, sind in den Boxplots der Abbildung A.24 dargestellt. Im Durchschnitt wurden 870 Bälle außerhalb des FSPT gespielt. Ein bedeutsamer Unterschied ist zwischen den Gruppen nicht zu erkennen (Überlappung des Interquartilsabstands). Es ist leider nicht immer eindeutig ersichtlich, was genau in diesen Trainings- oder Probiersessions trainiert oder getestet wurde. Die Datenbank liefert lediglich die Kennwerte. Wieviel Personen im Footbonaut waren und ob bestimmte Aufgabenstellungen vergeben wurden, geht aus den Daten leider nicht hervor. Um die Lernanstiege unabhängig der Spielposition und des Alters zu schätzen, wurde erneut für jede Variable (TQ und HZ) ein einfaches Modell⁹ erstellt. Die geschätzten Anstiege aus diesen Modellen geben Auskunft über die Höhe der zu erwartenden Lerneffekte. Diese Koeffizienten können nun im Verhältnis zu der Gesamtanzahl der im Footbonaut im Training gespielten Bälle gebracht werden. Anzunehmen ist, dass ein Spieler, der viel im Footbonaut trainiert hat (gemessen über die Gesamtanzahl der Bälle im Training), auch einen hohen positiven (für die TQ) oder negativen Koeffizienten (für die HZ) und damit einen deutlichen Lernerfolg zeigt. Dies ist jedoch nicht der Fall. Es zeigt

⁸ausgenommen ist das Rehabilitationstraining und Lateralitätstraining

⁹Handlungszeit/Trefferquote $\sim 1 + \text{Session} + (\text{Session}|\text{Spieler})$

sich kein deutlicher Zusammenhang zwischen den Lernanstiegen und der Anzahl der Ballitems im Training (Abb. A.25 und A.26). Dieser Sachverhalt ist nur schwer zu deuten. Auf der einen Seite zeigte sich in der Berliner Studienreihe nach 8 Messungen keine Änderungen der Handlungszeit, wohingegen bei der Hoffenheimer Studienreihe es zu Veränderung der Handlungszeit (geschätzten -47 ms pro Session) kam. Diese Veränderung ist jedoch unabhängig vom Trainingsumfang im Footbonaut. Es könnte sein, dass es schon nach kleinen Umfängen (weniger als 1000 Bälle) zu Anpassungen kommt. Diese zusätzlichen Umfänge hatten die Teilnehmer in der Berliner Studienreihe nicht. Ebenso kann die Vermutung angestellt werden, dass Spieler, die schon in den ersten Messungen hohe Ausgangswerte zeigen, auch (trotz hohen Umfängen) keine hohen Steigerungsraten mehr erreichen können. Bezüglich der TQ kann festgehalten werden, dass mit und ohne Training im Footbonaut es zu einer Erhöhung der TQ nach mehrfachem Testen kommt. Die geschätzte Steigerung pro Session aus der zweiten Studie liegt zwischen 0.38 und 1.35 % und aus dieser Studie zwischen 0.22 und 3.53 %.

In einem Modell ohne Messwiederholungen konnten zwischen den drei Alterskohorten (U12-U14, U15-U17 und $> U19$) Unterschiede in der Ausprägung der Handlungszeit festgestellt werden. Bedeutsame Altersunterschiede für die Variable Trefferquote konnten nicht ermittelt werden. Nach Hinzunahme der Messwiederholungen ist der Unterschied zwischen den jüngeren Gruppen (U12-U14 und U15-U17) in der Passschnelligkeit nicht mehr detektierbar. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass jüngere Spieler sich mehr verbessern als die älteren Spieler. Allerdings beginnen die Teilnehmer der $<U19$ Gruppe auch auf einen wesentlich höheren Startniveau, was auf Deckeneffekte hindeutet. Die größten Leistungssteigerungen der Genauigkeit sind in der U15-U17-Kohorte zu beobachten. In dieser Analyse konnten keine bedeutsamen Altersunterschiede hinsichtlich der Trefferquote im FSPT (ohne Hinzunahme der Messwiederholungen) gefunden werden. Nach Hinzunahme der Messwiederholungen zeigt sich lediglich ein Unterschied zwischen den Jugendlichen und den Kindern, jedoch nicht zwischen den Erwachsenen und Kindern. Die Ergebnisse lassen sich gut in die Studienlage zum HGT und LSPT einordnen, wonach sich die Handlungszeit vom Kindes- zum Erwachsenenalter verringert. Risch et al. (1988) berichten, dass mit zunehmendem Trainingsalter sich die HZ und TQ verbessern. Bei G. Konzag (1979) ist von außergewöhnlich hohen Zuwachsraten der HGT-Testleistung (ohne- und mit Entscheidungen) im Alter von 10-12 Jahren und hohen Zuwachsraten für 14-16 jährige mit Entscheidung

zu lesen. Widersprüchlich sind die Ergebnisse lediglich zu Trefferquote und Altersunterschieden. In der Studie von Beavan et al. (2018) zeigen sich die Altersunterschiede bei der Passgenauigkeit zwischen jüngeren und älteren Teilnehmern ebenso wenig ausgeprägt. Hingegen berichten die Autoren der HGT-Studien, dass sich die Fehler bei Passaufgaben im Verlauf des Alters reduzieren.

Die Ergebnisse zu den Lerneffekten müssen kritisch begutachtet werden, vor allem vor dem Hintergrund der Anzahl der Messwiederholungen. Einige Teilnehmer hatten lediglich zwei Messwiederholungen. Wenn die erste Testleistung unter vorsichtigem Einsatz zustande kommt, ist es nicht verwunderlich, wenn der zweite Wert (arithmetisches Mittel aus 32 FSPT Items) besser ausfällt. Der dadurch entstandene Anstieg ist nur wenig aussagekräftig, wenn der dritte Wert (dritte FSPT Messung) wieder etwas schlechter oder nur marginal besser als der zweite Versuch ist. Ebenso muss berücksichtigt werden, dass es auch Teilnehmer mit Verschlechterungen gab.

Die Anzahl der Teilnehmer nimmt mit der Anzahl der Messwiederholungen ab. Dieser Umstand darf bei der Interpretation der Modelle nicht unbeachtet bleiben. Beispielsweise sind die fünf Teilnehmer aus der Gruppe $> U19$ mit 12 Messwiederholungen (Tabelle B.13) leistungsstärkere Spieler aus ihrer Gruppe. Das führt dazu, dass die Schätzungen der Zielvariablen HZ und TQ bei einer hohen Anzahl von Messwiederholungen unsicherer werden. Dies zeigt sich auch im größer werdenden Standardfehler (siehe Konfidenzband Abbildung A.22 & A.23).

Als Hauptergebnis muss festgehalten werden, dass die Spielposition in dieser Studie entgegen der Anfangsvermutung keinen Einfluss auf die Handlungszeit und Passschnelligkeit im Footbonaut hat. Ebenso konnten keine Interaktionseffekte zwischen der Anzahl der gespielten Sessions und der Spielposition gefunden werden. Das bedeutet beispielsweise, dass Mittelfeldspieler keine höheren Testwerte im FSPT erreichen als Verteidiger oder Stürmer. Es ist auch nicht so, dass Verteidiger eine höhere Steigerungsrate (positiv oder negativ) der Testwerte aus dem FSPT vorzuweisen haben als andere Spieler. Ältere Spieler sind schneller im Lösen der Passaufgaben. Jüngere Spieler zeigen deutlich höhere Leistungssteigerungen beim Lösen der Ballitems im Footbonaut. Dadurch lassen sich in dieser Studie nach Messwiederholungen keine Unterschiede der HZ zwischen Kindern und Jugendlichen nachweisen. Bedeutsame Altersunterschiede bei der Passgenauigkeit konnten nicht gefunden werden. Jedoch verbessern sich die drei Alterskohorten in der Passgenauigkeit.

Kapitel 4

Fazit

Mit den empirischen Studien als Kern dieser Dissertation werden Erkenntnisse und Informationen generiert, die Trainern, Diagnostikern und Managern helfen sollen, das MIS „Footbonaut“ besser beurteilen zu können und zielführender im Bereich Training und Diagnostik einzusetzen. In diesem abschließenden Kapitel werden die Ergebnisse der Studien 1-4 zusammengefasst und Ableitungen für Training und Diagnostik formuliert.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Studien als Übersicht zusammengefasst. Als Hauptergebnisse können festgehalten werden:

1. Die Handlungszeit ist höher, wenn die Zielfelder im Rücken der Spieler liegen. Faktorenanalytisch lässt sich nachweisen, dass der FSPT mit zwei Skalen abgebildet werden kann.
2. Die Ausprägung der Konzentration/Aufmerksamkeit hat einen Einfluss auf die Passgenauigkeit.
3. Qualitäten (Sprungkraft, Laufschnelligkeit) der motorischen Schnelligkeit tragen eher wenig zur Ausprägung der Testleistungen (Handlungszeit und Trefferquote) im Footbonaut Short Passing Test bei.
4. NLZ-Spieler lösen die Ballitems schneller als Spieler die nicht im NLZ sind. Die NLZ Spieler sind dabei aber nicht unbedingt genauer.

5. Bei wiederholten Messungen innerhalb eines kurzen Zeitraums (Wochen) bleibt die Handlungszeit stabil. Die Passgenauigkeit hingegen verbessert sich.
6. Nach wiederholten halbjährlichen Messungen verbessert sich nicht nur die Passgenauigkeit, sondern auch die Handlungszeit.
7. Alterseffekte deuten darauf hin, dass erwachsene Spieler die Ballitems schneller als Kinder und Jugendliche lösen.
8. Kinder und Jugendliche zeigen höhere Steigerungsraten bei der Passschnelligkeit als Erwachsene.
9. Die Spielposition hat keinen Einfluss auf die Passschnelligkeit und Passgenauigkeit im FSPT.
10. Teilnehmer empfinden den FSPT als „Etwas anstrengend“ (Borg-Skala).

Mögliche Rückschlüsse

Wenn der Footbonaut als leistungsdagnostisches Verfahren seinen Einsatz finden soll, dann ist es empfehlenswert eine standardisierte Session zu verwenden. Diese Empfehlung ist mit dem FSPT erstmalig umgesetzt. Im Rahmen des standardisierten Testprotokolls zeigt sich, dass der Test in zwei Subskalen (Drehung/Keine Drehung) unterteilt werden kann, wobei die erste Skala, in der die Zielfelder frontal zum Spieler liegen, eine geringere Zuverlässigkeit aufweist. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, in einer Diagnostik auch zwischen den Skalen zu unterscheiden. In dieser Arbeit wurde die Itemanalyse retrospektiv für beide Studienreihen (Berlin und Hoffenheim) durchgeführt. Die faktorenanalytisch erzielten Ergebnisse lassen sich jedoch auch anders interpretieren. Im Vergleich der beiden Modelle (einfaktoriell vs. zweifaktoriell) zeigen sich nur marginale Unterschiede zwischen den Modellen. Die vorab festgestellten signifikanten Unterschiede aus einem Mittelwertdifferenztest zwischen Handlungszeiten bei Aufgaben mit Drehung und ohne Drehung untermauern in dieser Arbeit den Rückschluss, dass der FSPT in zwei Subskalen unterteilt werden sollte. Eine sichere und verlässliche Aussage kann jedoch erst nach einer erneuten Überprüfung mit einer von dieser Studie unabhängigen Stichprobe erfolgen. Zusätzlich sollte überprüft werden, ob die Testdauer und damit die Anzahl der Items verringert und die Reihenfolge

verändert werden kann, ohne dass die Testgüte darunter leidet. Letztlich bleibt auch ungeklärt, ob einzelne Items kontextabhängig sind. Das bedeutet, dass die Ausprägung der Handlungszeit und Trefferquote eines Ballitems von dem zuvor gelösten Ballitem abhängt.

Der FSPT erreicht eine ausreichende Test-Retest Reliabilität unter Verwendung der Handlungszeit als Zielgröße. Diese Erkenntnis steht im Einklang mit den Ergebnissen aus Studien, die ein ähnliches Testverfahren verwendet haben.

Es kann auch zu Verbesserungen der Testleistung Handlungszeit kommen. Besonders deutlich ist das bei Kinder- und Jugendmannschaften zu beobachten. In dieser Altersgruppe konnten positive Veränderungen der Handlungszeit nach wiederholten Messungen festgestellt werden. Festzuhalten ist, dass die Handlungszeit im Kinder- und Jugendbereich eine veränderbare Größe darstellt und damit trainierbar ist.

Die Passgenauigkeit verbessert sich nach wiederholten Messungen unabhängig vom parallel zum Studienzeitraum durchgeführten Training im Footbonaut. Anzunehmen ist, dass durch die Größe der Zielfelder relativ schnell ein individuelles Höchstniveau erreicht werden kann ($> 85\%$ Trefferquote). Die Passgenauigkeit verändert sich insbesondere bei Spielern mit einem niedrigen Ausgangswert, im Test-Retest. Dies sollte bei der Beurteilung jugendlicher Spieler anhand ihrer Passgenauigkeitswerte berücksichtigt werden.

Ältere Spieler ($> U19$) lösen die Passaufgaben im FSPT schneller als jüngere und zeigen eine geringere Verbesserungsrate. In einigen Fällen erreichen ältere Spieler in der ersten Messung Handlungszeiten von zwei Sekunden oder weniger. In diesem Fall sind Verbesserungen kaum noch zu erwarten. Vor diesem Hintergrund ist der Footbonaut als Mittel in der Leistungsbeurteilung und im Techniktraining eher im Kinder- und Jugendbereich einzusetzen. Verbunden mit einer visuellen Rückmeldung in Form von Videoaufzeichnungen kann der Footbonaut ein effektives Mittel zur Schulung der Passtechnik im Nachwuchsbereich sein.

Die Spielposition hat keinen Einfluss auf die Handlungszeit und Passgenauigkeit von Passaufgaben. Daraus lassen sich erste Rückschlüsse für die Diagnostik und das Training ziehen. Die Vermutung, dass vor allem Mittelfeldspieler hohe Resultate im FSPT erzielen müssten, konnte nicht bestätigt werden. Die Aufgaben im Footbonaut bilden grundlegende fußballspezifische Passfertigkeiten ab. Da Passaktionen zu den häufigsten Aktionen mit Ball (inklusive Ballannahme und -mitnahme) gehören, kann

vorausgesetzt werden, dass diese Aktionen zur technisch-taktischen Grundausstattung eines jeden Fußballspielers gehören. Unabhängig von der Spielposition sollte also jeder Spieler anstreben diese Passfertigkeiten zu perfektionieren.

Die Trefferquote steht nicht im Zusammenhang mit der Handlungszeit. Die Überlegung, ob bei der Ausführung von Passübungen eher auf Schnelligkeit oder Genauigkeit gelegt werden soll, löst sich damit auf. Der Fokus sollte auf Schnelligkeit, Passgeschwindigkeit, Genauigkeit und auf das Timing gelegt werden.

Die Schnelligkeit beim Lösen von Passaufgaben im Footbonaut ist weder von der einfachen Reaktionsschnelligkeit noch von der motorischen Schnelligkeit determiniert. Vielmehr gibt es Anzeichen, dass so etwas wie Ballkontrolle einen dominanten Einfluss auf die Handlungszeit hat. Die Trefferquote scheint insbesondere von der Konzentrationsfähigkeit abzuhängen. Das sollte bei der Formulierung eines Trainingsziels berücksichtigt werden.

Anregungen für die Praxis

Folgende Punkte können auf der Basis der Studienergebnisse als Anregung für den Einsatz des Footbonaut gegeben werden:

- Für Ballitems, in denen die Zielfelder im Rücken liegen, wird mehr Zeit benötigt. Sie sind auch aussagekräftiger. Über eine separate Analyse zwischen Ballitems mit Drehung und ohne Drehung sollte diskutiert werden.
- Die Handlungszeit hängt nicht von der motorischen Schnelligkeit ab. Vielmehr bildet Sie ein eigenes Konstrukt ab. Naheliegend ist die Ballkontrolle. Dies ist bei der Formulierung des Trainingsziels zu berücksichtigen.
- Die Genauigkeit im Footbonaut ist vorrangig eine Konzentrationsleistung. In der Leistungsdiagnostik kann dieser Parameter aufgrund der hohen Variabilität vernachlässigt werden.
- Es konnten unabhängig vom Alter keine positionsspezifischen Unterschiede gefunden werden. Ein positionsspezifisches Training im Footbonaut ist eher nicht zu empfehlen.

- Die Handlungszeit eignet sich gut als Leistungsparameter. Sie differenziert zwischen dem Alter und der Lizenzzugehörigkeit. Der FSPT sollte in die leistungsdiagnostische Testbatterie integriert werden.
- Der Footbonaut ist vor allem für den Kinder- und Jugendbereich zu empfehlen. Gerade hier sind Verbesserungen in der Ballkontrolle und Passgenauigkeit zu erwarten.
- Beispiele für ausformulierte Trainingsziele im Footbonaut:
 - Verbessern der Schrittfolgen und des Setzen des Standbeines
 - Verringern der Dauer der Schwungphase beim Spielbein
 - Verbessern der Ausgangsposition, Vororientierung und des Schulterblickes
 - Verbessern der Beidfüßigkeit
 - Schulung der allgemeinen Koordination durch Kombinieren von Footbonautaufgaben und allgemeines Koordinationstraining
- Nutzung der Daten, um die Wirksamkeit des allgemeinen und speziellen Trainings zu überprüfen.

Literatur

- Ali, A., Williams, C., Hulse, M., Strudwick, A., Reddin, J., Howarth, L., Eldred, J., Hirst, M. & McGregor, S. (2007). Reliability and validity of two tests of soccer skill. *Journal of Sports Sciences*, 25(13), 1461–1470.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R. (2016). *Multivariate Analysemethoden* (Bd. 14). Gabler Verlag.
- Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M. & Bradley, P. S. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the english premier league. *Int J Sports Med*, 35(13), 1095–1100.
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48.
- Bates, D. M. (2010). *Lme4: Mixed-effects modeling with r*. Springer.
- Beavan, A., Fransen, J., Spielmann, J., Mayer, J., Skorski, S. & Meyer, T. (2018). The footbonaut as a new football-specific skills test: Reproducibility and age-related differences in highly trained youth players. *Science and Medicine in Football*, 1–6.
- Benounis, O., Benabderrahman, A., Chamari, K., Ajmol, A., Benbrahim, M., Hammouda, A., Hammami, M.-A. & Zouhal, H. (2013). Association of short-passing ability

- with athletic performances in youth soccer players. *Asian journal of sports medicine*, 4(1), 41–48.
- Berthold, O. & Schellenberger, H. (1988). Veränderung der Handlungsschnelligkeit und -genauigkeit im Fußball in Abhängigkeit von unterschiedlichen Vorbelastungen. *Wissenschaftliche Zeitschrift der DHFK (Sonderheft 4)*, 29, 138–142.
- Biovision. (2007). *WJump 1.2 Kontaktmatten-Messsystem zur Messung der Bodenkontaktdauer und Flugdauer/Sprunghöhe bei standardisierten Vertikal- und Horizontalsprüngen*. Biovision. Wehrheim.
- Bollen, K. A. & Stine, R. A. (1992). Bootstrapping goodness-of-fit measures in structural equation models. *Sociological Methods & Research*, 21(2), 205–229.
- Borg, G. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377–381.
- Borg, G. (2004). Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Deutsches Ärzteblatt*, 101(15), 1016–1021.
- Bortz, J. & Doering, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Sozialwissenschaftler* (4. Aufl.). Springer Berlin Heidelberg.
- Brickenkamp, R. (2002). *Test D2 Aufmerksamkeits-Belastungs-Test. Manual* (9. Aufl.). Göttingen, Hogrefe.
- Bush, M., Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B. & Bradley, P. S. (2015). Evolution of match performance parameters for various playing positions in the english premier league. *Human Movement Science*, 39(0), 1–11.
- Carling, C. (2009). Analysis of physical activity profiles when running with the ball in a professional soccer team. *Journal of Sport Sciences*, 28(3), 319–326.
- Carling, C., Williams, A. M. & Reilly, T. (2005). *Handbook of Soccer Match Analysis*. Taylor&Francis Group.

- Castellano, J. & Casamichana, D. (2015). What are the differences between first and second divisions of spanish football teams? *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(1), 135–146.
- Castellano, J., Casamichana, D. & Lago, C. (2012). The use of match statistics that discriminate between successful and unsuccessful soccer teams. *Journal of Human Kinetics*, 31, 139–47.
- Charrad, M., Ghazzali, N., Boiteau, V. & Niknafs, A. (2014). NbClust: An R package for determining the relevant number of clusters in a data set. *Journal of Statistical Software*, 61(6), 1–36. <http://www.jstatsoft.org/v61/i06/>
- Clemente, F. (2018). Performance outcomes and their associations with network measures during fifa world cup 2018. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(6), 1010–1023.
- Clemente, F., José, F., Oliveira, N., Martins, F., Mendes, R., Figueiredo, A., Wong, D. & Kalamaras, D. (2017). Network structure and centralization tendencies in professional football teams from spanish la liga and english premier leagues. *Journal of Human Sport and Exercise*, 11(3), 376–389.
- Clemente, F., Martins, F. M. L., Wong, D. P., Kalamaras, D. & Mendes, R. S. (2015). Midfielder as the prominent participant in the building attack: A network analysis of national teams in fifa world cup 2014. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(2), 704–722.
- Dellal, A., Wong, D. P., Moalla, W. & Chamari, K. (2010). Physical and technical activity of soccer players in the french first league - with special reference to their playing position. *International Sportmed Journal*, 11(2), 278–290.

- Deprez, D., Fransen, J., Boone, J., Lenoir, M., Philippaerts, R. & Vaeyens, R. (2014). Characteristics of high-level youth soccer players: Variation by playing position. *Journal of Sports Sciences*, 33(3), 243–254.
- Donohue, M. C., Gamst, A. C. & Edland, S. D. (2016). *Longpower: Power and sample size calculators for linear mixed models* [R package version 1.0-16.1]. R package version 1.0-16.1.
- Epskamp, S. & Stuber, S. (2017). *Semplot: Path diagrams and visual analysis of various sem packages' output* [R package version 1.1]. R package version 1.1. <https://CRAN.R-project.org/package=semPlot>
- Esther, J. & Zinner, J. (2019). *Handbuch MAOE: Multikriterielle und FUZZY-Entscheidungsverfahren (nicht nur) im Leistungssport*. Berlin, Deutsche Hochschule für Gesundheit und Sport.
- Fiedler, H. (2012). *Footbonaut Punktesystem* [Technical Paper]. Technical Paper.
- Field, A., Miles, J. & Field, Z. (2012). *Discovering statistics using r*. Sage.
- Fox, J. & Weisberg, S. (2019). *An r companion to applied regression* (3rd). Thousand Oaks CA, Sage. <http://tinyurl.com/carbook>
- Hagemann, N., Lotz, S. & Cañal-Bruland, R. (2008). Wahrnehmungs-Handlungskopplung beim taktischen Entscheidungstraining-Eine exploratorische Studie. *E-Journal Bewegung und Training*, 2, 17–27.
- Helsen, W. F. & Starkes, J. L. (1999). A multidimensional approach to skilled perception and performance in sport. *Applied Cognitive Psychology*, 13, 1–27.
- Hicheur, H., Chauvin, A., Chassot, S., Chenevière, X. & Taube, W. (2017). Effects of age on the soccer-specific cognitive-motor performance of elite young soccer players: Comparison between objective measurements and coaches' evaluation. *PLoS One*, 12, e0185460.

- Hohmann, A. & Brack, R. (1983). Theoretische Aspekte der Leistungsdiagnostik im Sportspiel. *Leistungssport*, 13(2), 5–10.
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2014). *Einführung in die Trainingswissenschaft* (Bd. 6). Wiebelsheim, Limpert Verlag.
- Hu, L.-t. & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55.
- Hughes, M., Caudrelier, T., James, N., Donnelly, I., Kirkbride, A. & Duschesne, C. (2012). Moneyball and soccer - an analysis of the key performance indicators of elite male soccer players by position. *Journal of Human Sport and Exercise*, 7(2), 402–412.
- Hughes, M. & Franks, I. (2005). Analysis of passing sequences, shots and goals in soccer. *Journal of Sport Sciences*, 23(5), 509–514.
- Impellizzeri, F. M., Meyer, T. & Wagenpfeil, S. (2019). Statistical considerations (or recommendations) for publishing in science and medicine in football. *Science and Medicine in Football*, 3(1), 1–2.
- Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39(1), 31–36.
- Kenny, D. A., Kaniskan, B. & McCoach, D. B. (2014). The performance of rmsea in models with small degrees of freedom. *Sociological Methods & Research*, 44(3), 486–507.
- Konzag, G. (1979). Zur Diagnostik der Geschwindigkeit von Handlungsziel- und Handlungsprogrammentscheidung von Fußballspielern. *Theorie und Praxis des Leistungssports*, 17(4), 113–130.

- Konzag, G. (1983). Zur Diagnostik der Handlungszeit in Verbindung mit handlungsrelevanten kognitiven Komponenten bei Sportspielern. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 32(8), 592–597.
- Konzag, I. (1990). Kognition im Sportspiel-Herausforderung an den Ausbildungsprozeß im Nachwuchsbereich. *Leistungssport*, 4, 11–16.
- Krause, K., Wörle, M., Brack, R. & Albeck, T. (2012). Entwicklung und Prüfung eines Testverfahrens zur Messung der fußballspezifischen Handlungsschnelligkeit. *Leistungssport*, 42(6), 45–52.
- Krug, J., Herrmann, H., Naundorf, F., Panzer, S. & Wagner, K. (2005). Messplatztraining: Konzepte, entwicklungsstand und ausblick. In J. Krug & H.-J. Minow (Hrsg.), *Messplatztraining (Sport und Wissenschaft, Beiheft zu den Leipziger Sportwissenschaftlichen Beiträgen, 10)* (S. 13–27). Sankt Augustin, Academia Verlag.
- Lago-Peñas, C., Lago-Ballesteros, J., Dellal, A. & Gómez, M. (2010). Game-related statistics that discriminated winning, drawing and losing teams from the spanish soccer league. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(2), 288–293.
- Letzelter, H. & Letzelter, M. (1982). Die Struktur sportlicher Leistungen als Gegenstand der Leistungsdiagnostik in der Trainingswissenschaft. *Leistungssport*, 12(5), 351–361.
- Link, D. & Hoernig, M. (2017). Individual ball possession in soccer. *PLoS One*, 12(7).
- Liu, G. & Liang, K. Y. (1997). Sample size calculations for studies with correlated observations. *Biometrics*, 53(3), 937–47.
- Liu, H., Gómez, M.-A., Gonçalves, B. & Sampaio, J. (2016). Technical performance and match-to-match variation in elite football teams. *Journal of Sports Sciences*, 34(6), 509–518.

- Liu, H., Hopkins, W. G. & Gómez, M.-A. (2016). Modelling relationships between match events and match outcome in elite football. *European Journal of Sport Science*, 16(5), 516–525.
- McDermott, G., Burnett, A. F., Robertson, S. J., Chia, M. & Jenkins, D. (2015). Reliability and validity of the loughborough soccer passing test in adolescent males: Implications for talent identification. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 10(2-3), 515–528.
- Naylor, J. & Greig, M. (2015). A hierarchical model of factors influencing a battery of agility tests. *Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, 55(11), 1329–1335.
- Nevill, A. M., Williams, A. M., Boreham, C., Wallace, E. S., Davison, G. W., Abt, G., Lane, A. M. & Winter, E. M. (2018). Can we trust “magnitude-based inference”? *Journal of Sports Sciences*, 36(24), 2769–2770.
- Prätorius, B. (2008). *Entwicklung eines Koordinationstests für Kinder im Grundschulalter und dessen Validierung mit Hilfe biomechanischer Methoden*. Cuvillier Verlag.
- Preacher, K. & Coffmann, D. L. (2016). Computing power and minimum sample size for rmsea [computer software].
- R Core Team. (2017). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Redwood-Brown, A., Bussell, C. & Bharaj, H. (2012). The impact of different standards of opponents on observed player performance in the english premier league. *Journal of Human Sport and Exercise*, 7(2).
- Reiser, M. (2003). Interaktiver Test zur Bestimmung der Einfach- und Wahlreaktionszeit [Computerprogramm]. Saarbrücken, eBuT. <http://www.bewegung-und-training.de>.

- Revelle, W. (2017). *Psych: Procedures for psychological, psychometric, and personality research* [R package version 1.7.8]. R package version 1.7.8. Northwestern University. Evanston, Illinois. <https://CRAN.R-project.org/package=psych>
- Risch, F., Petermann, H. & Fobe, K. (1988). Eine Möglichkeit zur Erfassung der Handlungsschnelligkeit und -genauigkeit von Handballspielern. *Wissenschaftliche Zeitschrift der DHFK (Sonderheft 4)*, 29, 142–147.
- Rosseel, Y. (2012). Lavaan: An R package for structural equation modeling. *Journal of Statistical Software*, 48(2), 1–36. <http://www.jstatsoft.org/v48/i02/>
- Rosseel, Y. (2018). *Lavaan-latent variable analysis*. Verfügbar 5. Januar 2018 unter <http://lavaan.ugent.be>
- Saal, C., Krug, J., Zinner, J. & Mayer, J. (2015). Footbonaut. Ein innovatives Mess- und Informationssystem im Fußball. *Leistungssport*, 1(1), 13–19.
- Sainani, K. L., Lohse, K. R., Jones, P. R. & Vickers, A. (2019). Magnitude-based inference is not bayesian and is not a valid method of inference. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(9), 1428–1436.
- Schellenberger, H. (1986). Handlungsschnelligkeit und Handlungsgenauigkeit im Sportspiel. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 34(6), 427–429.
- Schnabel, G., Harre, D. & Krug, J. (2009). *Trainingslehre - Trainingswissenschaft* (1. Aufl.). Aachen, Meyer&Meyer.
- Schnabel, G. & Thieß, G. (Hrsg.). (1986). *Grundbegriffe des Trainings* (1. Aufl.). Berlin, Sportverlag Berlin.
- Schuhfried, G. (2007). *Wiener Testsystem Manual DT. Manual* (32. Aufl.). Mödling, Schuhfried.

- Schumacher, N., Schmidt, M., Wellmann, K. & Braumann, K.-M. (2018). General perceptual-cognitive abilities: Age and position in soccer. *PLoS One*, 13(8), e0202627.
- Scoulding, A., James, N. & Taylor, J. (2004). Passing in the soccer world cup 2002. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 4(2), 36–41.
- Serpiello, F. R., Cox, A., Oppici, L., Hopkins, W. G. & Varley, M. C. (2017). The loughborough soccer passing test has impractical criterion validity in elite youth football. *Science and Medicine in Football*, 1(1), 60–64.
- Sheppard, J. M., Young, W. B., Doyle, T. L. A., Sheppard, T. A. & Newton, R. U. (2006). An evaluation of a new test of reactive agility and its relationship to sprint speed and change of direction speed. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(4), 342–9.
- Skills.Lab. (2018). Verfügbar 10. Oktober 2018 unter <http://www.skills-lab.com/de/>
- SoccerBot360. (2018). Verfügbar 10. Oktober 2018 unter <http://soccerbot360.de>
- SportAutomatics. (2018). Verfügbar 2018 unter <http://footbot.eu>
- Stiehler, G., Konzag, I. & Döbler, H. (1988). *Sportspiele - Theorie und Methodik der Sportspiele Basketball, Fußball, Handball, Volleyball*. Berlin, Sport Verlag.
- Taasoobshirazi, G. & Wang, S. (2016). The performance of the srmr, rmsea, cfi and tli: An examination of sample size, path size and degrees of freedom. *Journal of Applied Quantitative Methods*, 11(3), 31–39.
- Taylor, J. B., Mellalieu, S. D. & James, N. (2004). Behavioural comparisons of positional demands in professional soccer. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 4(1), 81–97.

- Tkac, M., Hamar, D., Komadel, L. & Kuthanova, O. (1990). Measurement of anaerobic power of the lower limbs by a method of repeated vertical jumps. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, 1(4), 317–325.
- Vilkner, H.-J. (1987). Untersuchungen zu den Beziehungen zwischen verschiedenen Arten der motorischen Reaktionsfähigkeit bei Schülern und Studenten. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 36, 35–43.
- Vogt, T., Gassen, S., Wrede, S., Spielmann, J., Jedrusiak-Jung, M., Härtel, S. & Mayer, J. (2018). Football practice with youth players in the “footbonaut”: Speed of action and ball control in face of physical and mental strain.
- Wallace, J. L. & Norton, K. I. (2014). Evolution of world cup soccer final games 1966–2010: Game structure, speed and play patterns. *J Sci Med Sport*, 17(2), 223–228.
- Weber, J., Wegner, M. & Wagner, H. (2018). Physical performance in female handball players according to playing position. *Journal of Exercise and Sport Research*, 48(4), 498–507.
- Wen, D., Robertson, S., Hu, G., Song, B. & Chen, H. (2018). Measurement properties and feasibility of the loughborough soccer passing test: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 36(15), 1682–1694.
- Wickham, H. (2009). *Ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag New York. <http://ggplot2.org>
- Wiemeyer, J. (2003). Who should play in which position in soccer? empirical evidence and unconventional modelling. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 3(1), 1–18.

- Yang, G., Leicht, A. S., Lago, C. & Gómez, M.-Á. (2018). Key team physical and technical performance indicators indicative of team quality in the soccer chinese super league. *Research in Sports Medicine*, 26(2), 158–167.
- Yi, Q., Jia, H., Liu, H. & Gómez, M. Á. (2018). Technical demands of different playing positions in the uefa champions league. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 1–12.
- Zaciorskij, V. (1972). *Die körperlichen Eigenschaften des Sportlers*. Berlin, Bartels & Wernitz.
- Zinner, J. (1987). Zu einigen mit der sportlichen Leistung und ihrer Struktur im Zusammenhang stehenden Begriffen und ihrer Handhabung in der Leistungsdiagnostik. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 36(1), 21–27.

Anhang A

Abbildungen

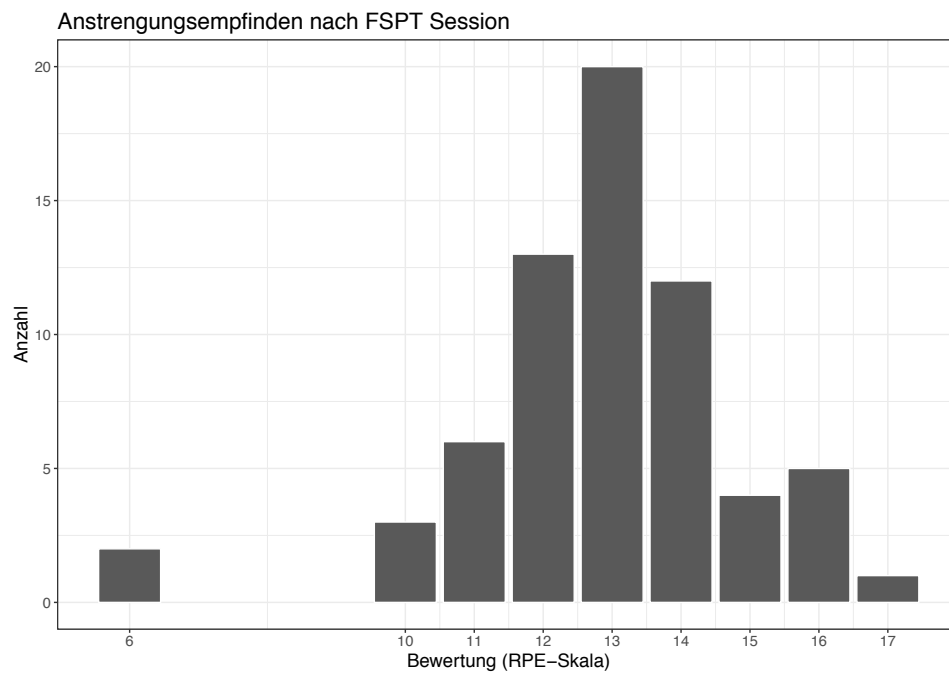


Abbildung A.1. Angabe des Anstrengungsempfindens auf der „ratings of perceived exertion“-Skala nach Borg (2004) nach Durchführung des Footbonaut Short Passing Test (Berliner Messreihe, $n = 66$). Eine Bewertung von 13-14 entspricht der Kategorie „etwas schwer“

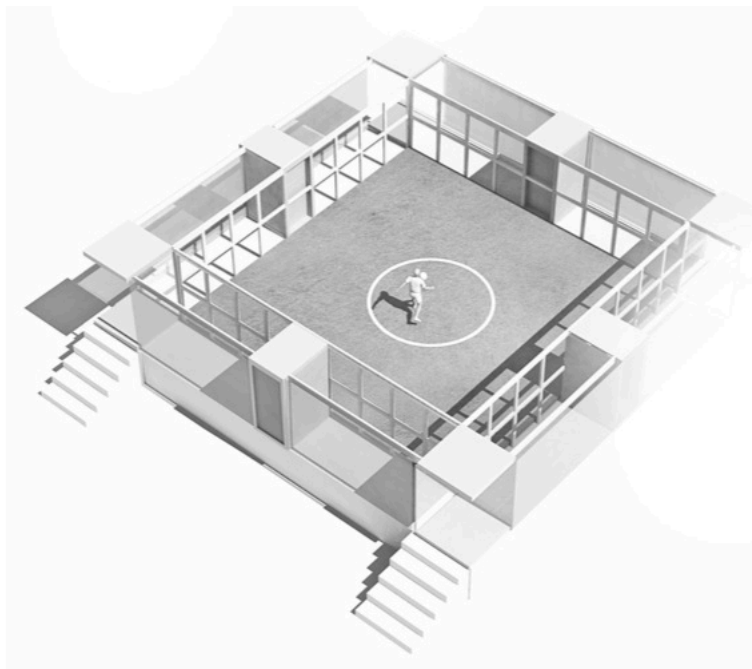


Abbildung A.2. Skizze der kompletten Anlage mit den Balltürmen, in denen die Ballkanonen integriert sind, den hohen und tiefen Zielfeldern, der Testzone sowie den zwei Eingängen.

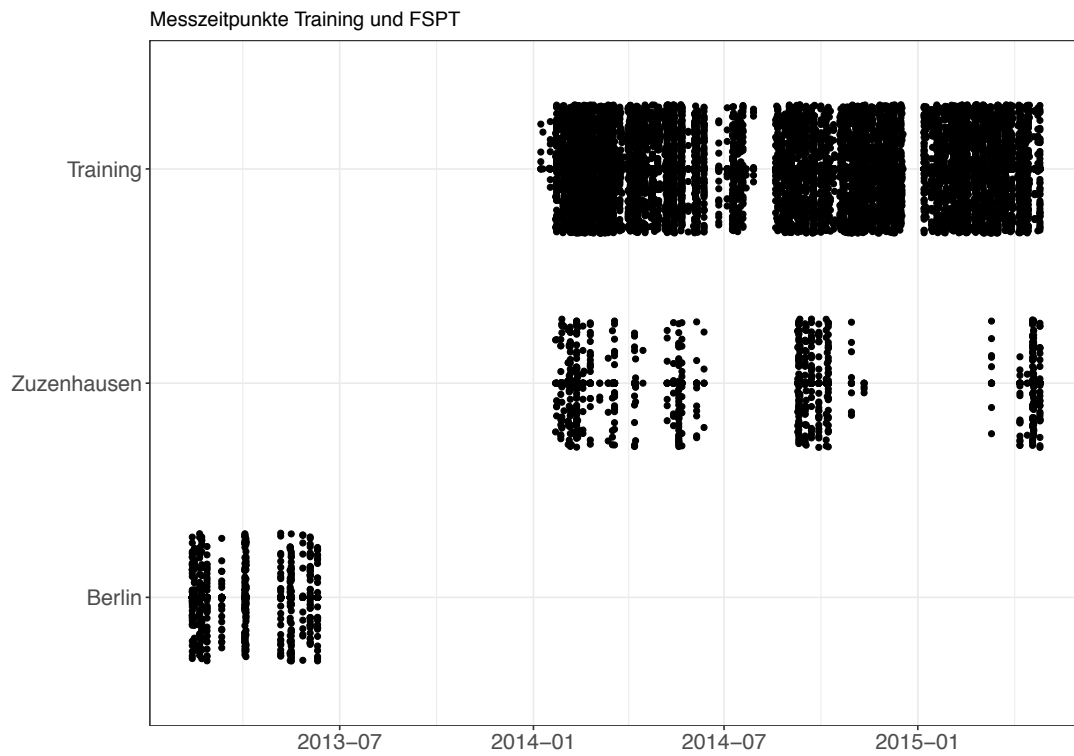


Abbildung A.3. Messzeitpunkte für die jeweiligen FSPT-Sessions in der Berliner und in der Hoffenheimer Messreihe, sowie die Tage, an denen während der Hoffenheimer Messreihe (Zuzenhausen) zusätzlich im Footbonaut trainiert wurde. Ein Datenpunkt entspricht einer Session (Berlin: $n = 462$, Zuzenhausen: $n = 621$, Training: $n = 8232$).



Abbildung A.4. Innenansicht des Footbonaut mit den Ballkanonen (A) und den Zielfeldern (B). Im Detail ein Ballkanone mit ihren Auswurfwalzen und die an den Zielfeldern angebrachten Lichtschranken.

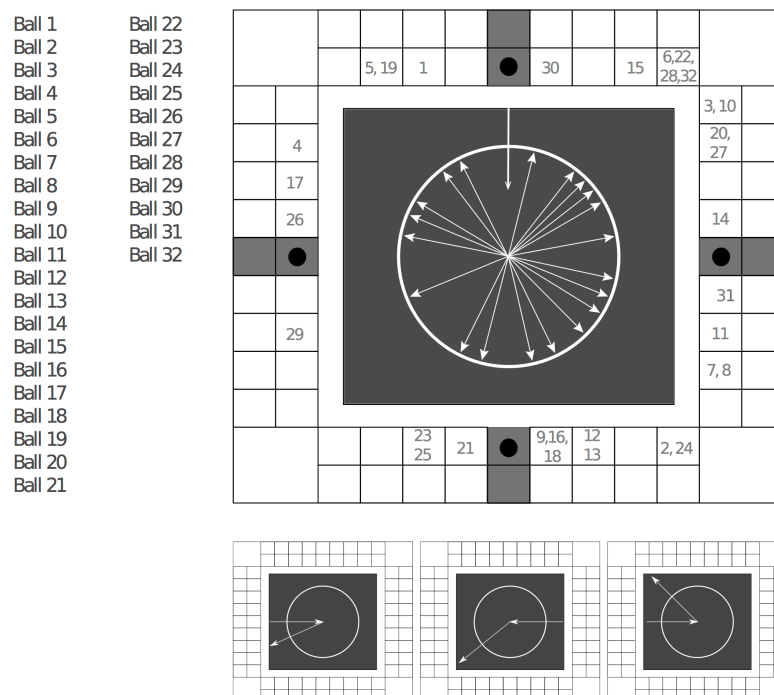


Abbildung A.5. Schema der Testsession für den Footbonaut Short Passing Test. Abgebildet ist die Sequenz der Ballitems ($n = 32$). Die Ballkanone eines Items steht in dieser Darstellung bei jedem der 32 Items oben. Unten die ersten drei Ballitems im Detail.

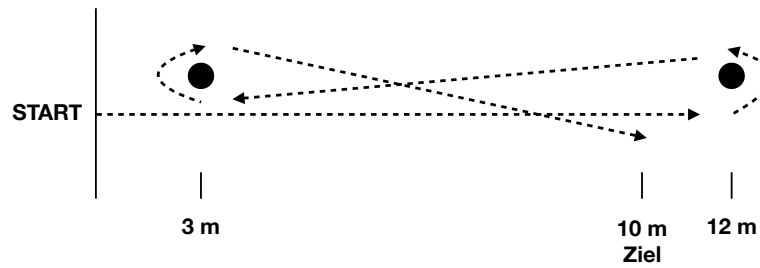


Abbildung A.6. Skizze des Versuchsaufbaus für den 28 m-Wendigkeitstest.

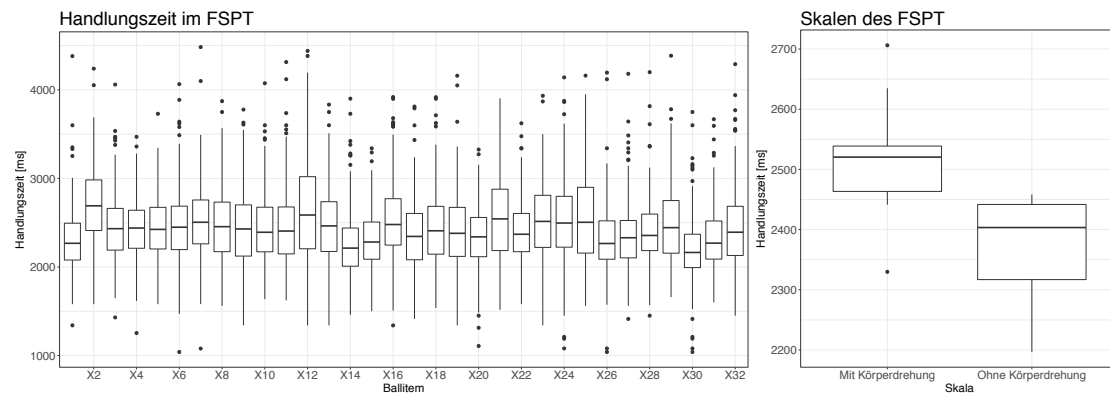


Abbildung A.7. Deskriptive Darstellung aller 32 Ballitems (links) und Items, zusammengefasst nach ihrer Aufgabenstruktur (rechts).

Inter-Item-Korrelation

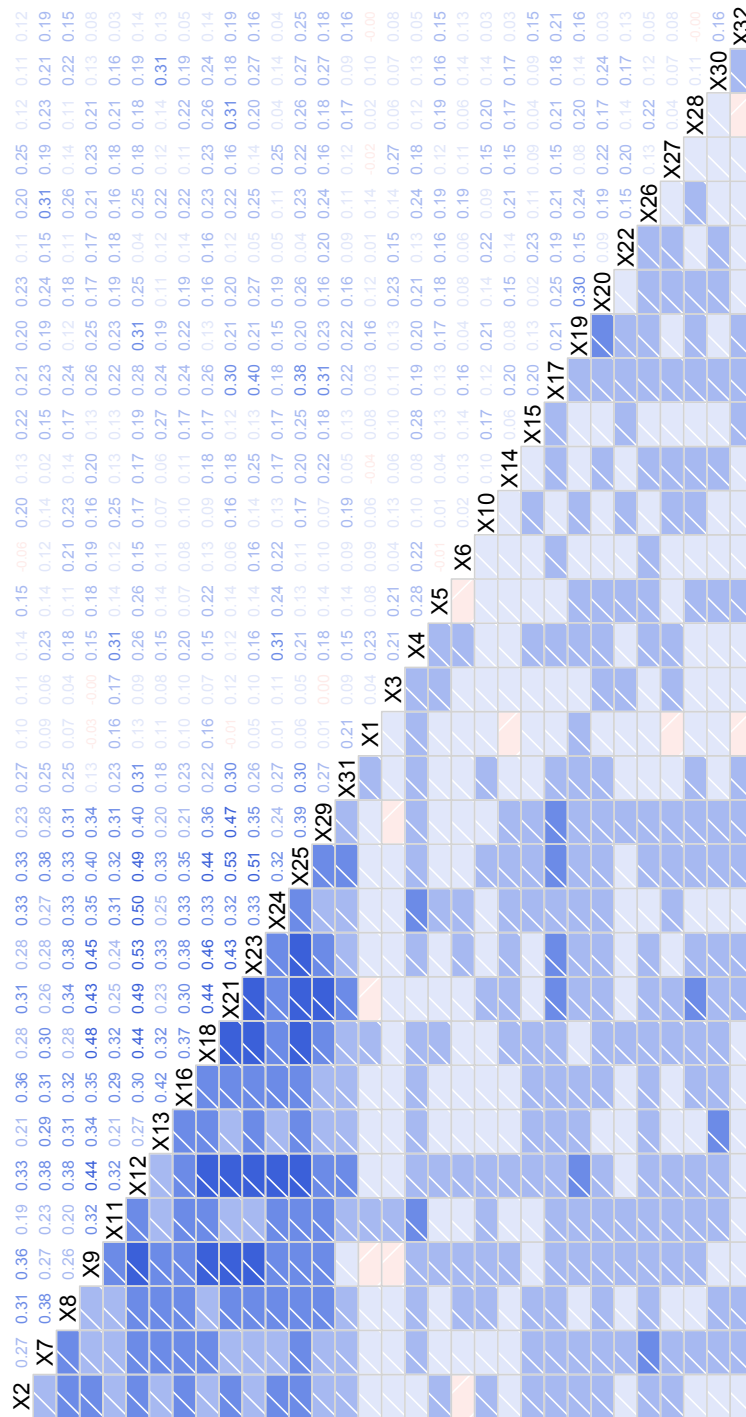


Abbildung A.8. Inter-Item-Korrelation der 32 Items aus dem Footbonaut Short Passing Test auf den zwei Skalen „mit Drehung“ und „ohne Drehung“. X2 bis X31 sind Items, bei denen die Testaufgabe eine Drehung mit Ball erfordert. Die Sättigung der Farbe verändert sich mit der Höhe des Korrelationskoeffizienten.

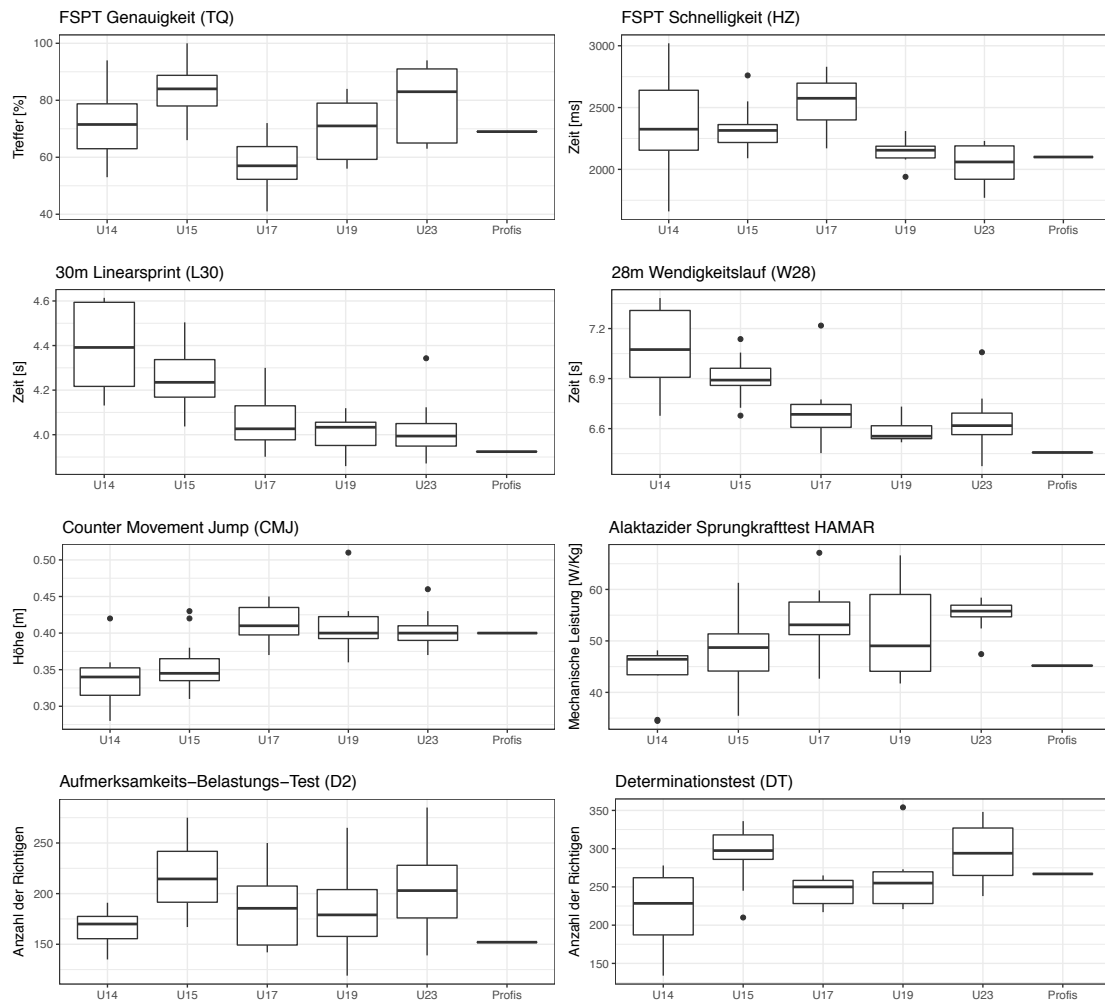


Abbildung A.9. Boxplots mit Median, Interquartilsabstand, Minimum, Maximum und Ausreißer der Testleistungen aus verschiedenen Tests zur motorischen Schnelligkeit, zur Informationsverarbeitung und zu Kennwerten aus dem Footbonaut Short Passing Test in Abhängigkeit von der Teamzugehörigkeit ($n = 44$).

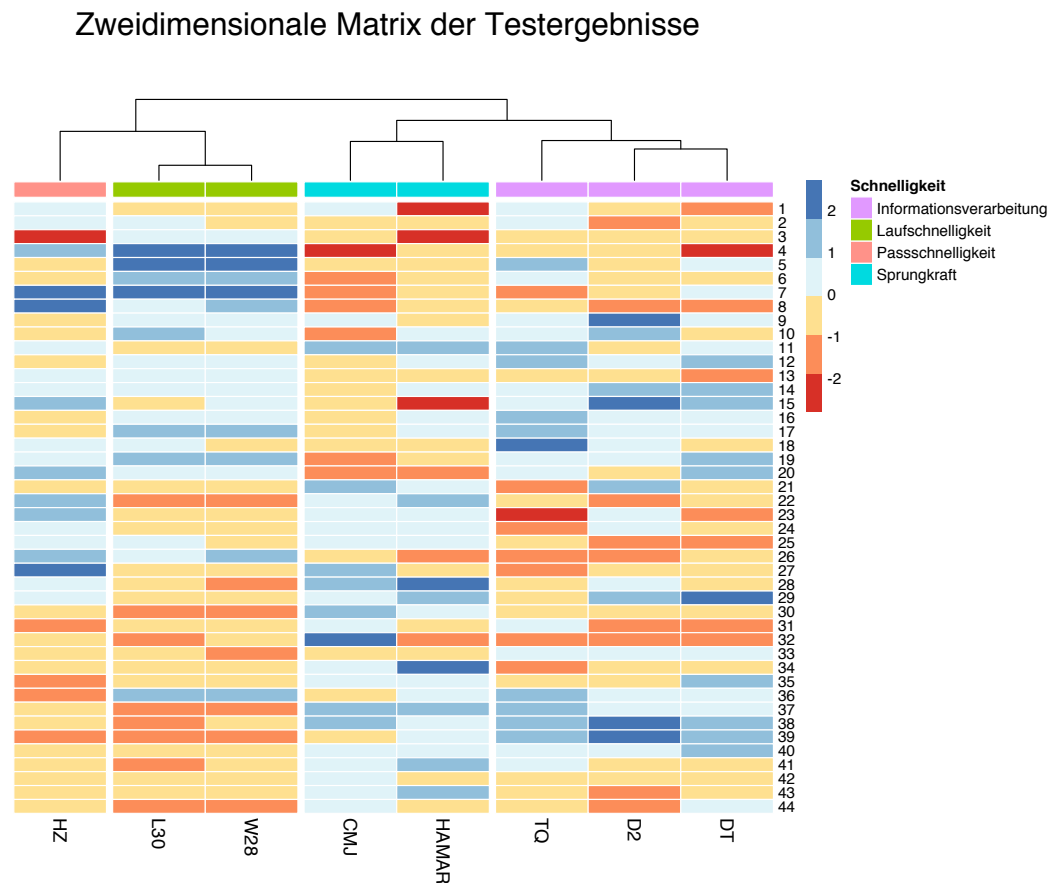


Abbildung A.10. Zweidimensionale Matrix mit sortierten Spalten. Die Zellen beinhalten die standardisierten Werte der jeweiligen Testleistungen. Die Gruppierung erfolgte durch eine Hierarische Clusteranalyse ($n = 44$).

Vollständiges hypothetisches Strukturgleichungsmodell

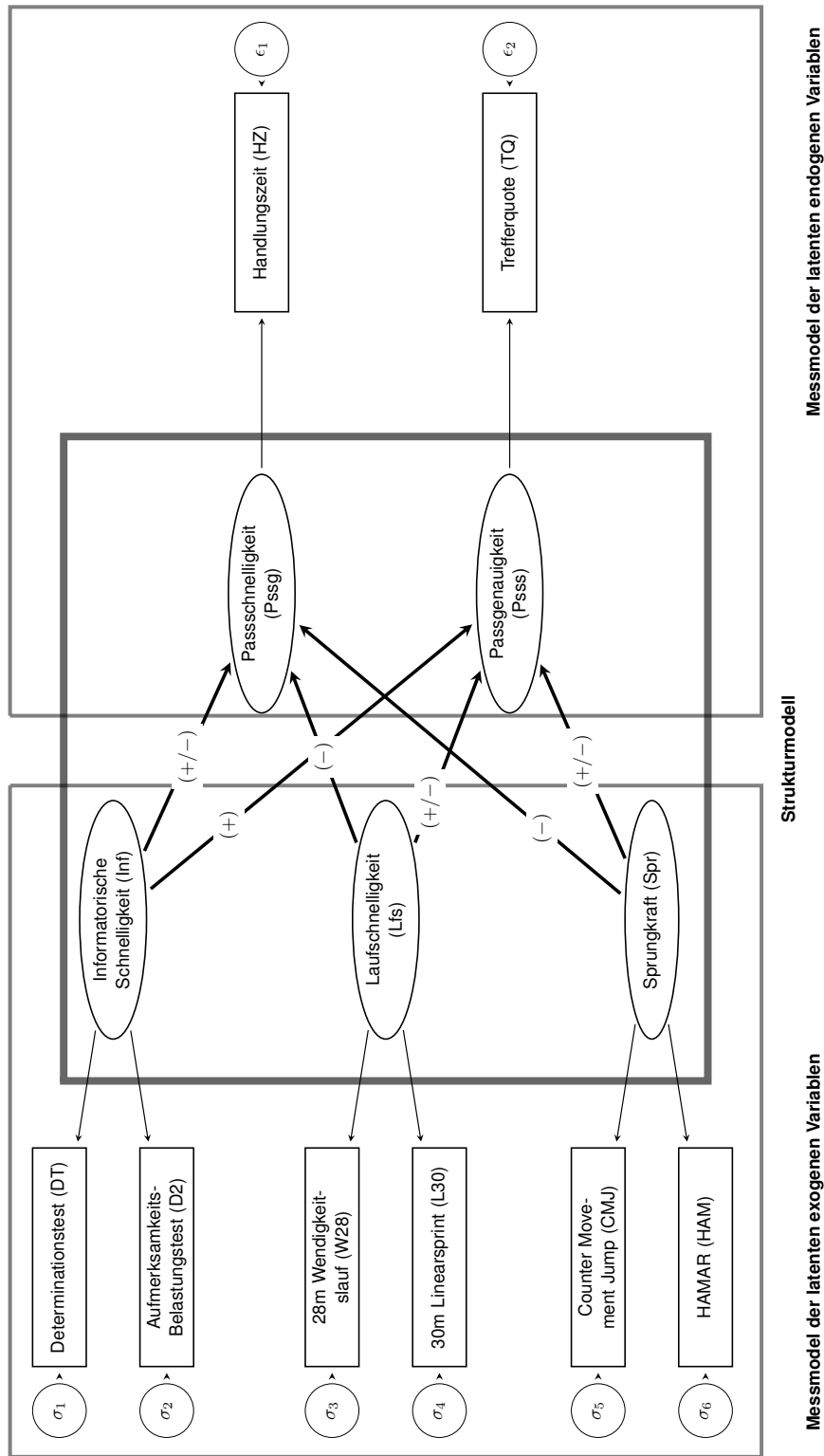


Abbildung A.11. Angenommenes Strukturgleichungsmodell unterteilt nach Mess- und Strukturmodell. Plus- und Minus-Symbole geben die angenommenen Vorzeichen der Koeffizienten an.

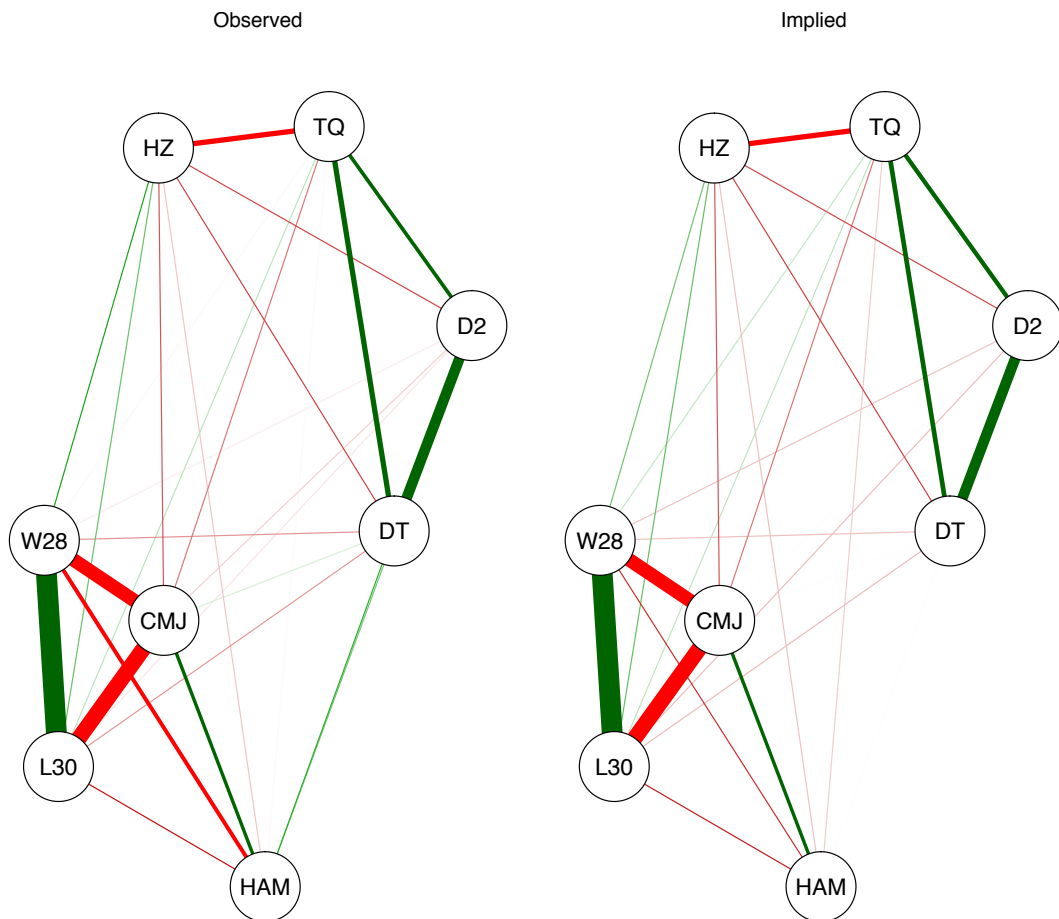


Abbildung A.12. Grafische Inspektion der beobachteten (observed) und im Modell geschätzten (implied) Korrelationsstruktur.

Vollständiges empirisches Strukturgleichungsmodell

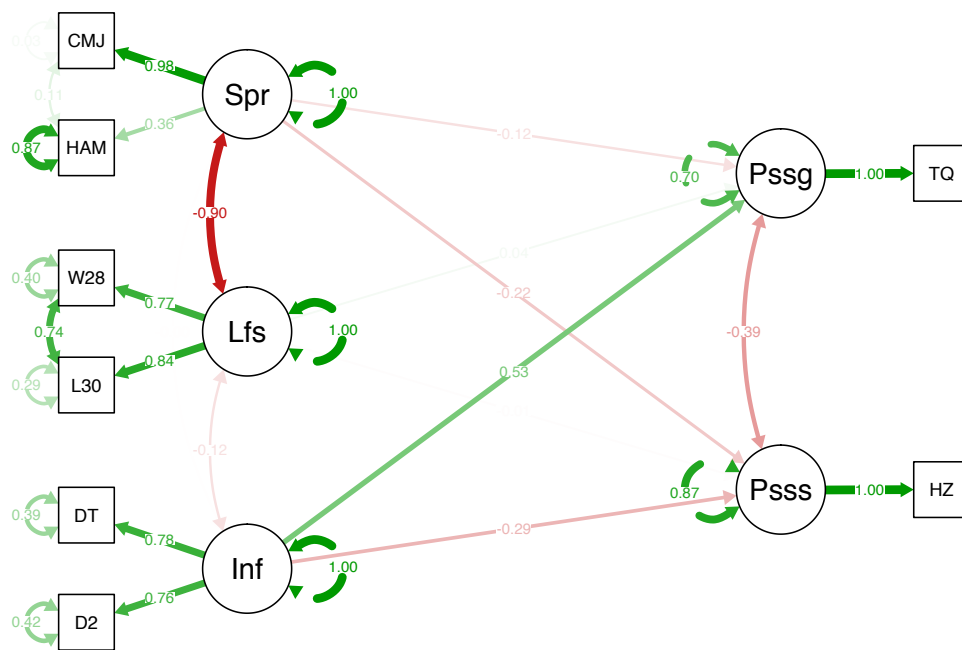


Abbildung A.13. Abbildung des empirischen Strukturmodells mit den Indikatorvariablen in eckigen Umrandungen und den latenten Variablen umrandet von Kreisen. Die angezeigten standardisierten Schätzparameter geben Auskunft über die Stärke des Zusammenhangs zwischen den Variablen.

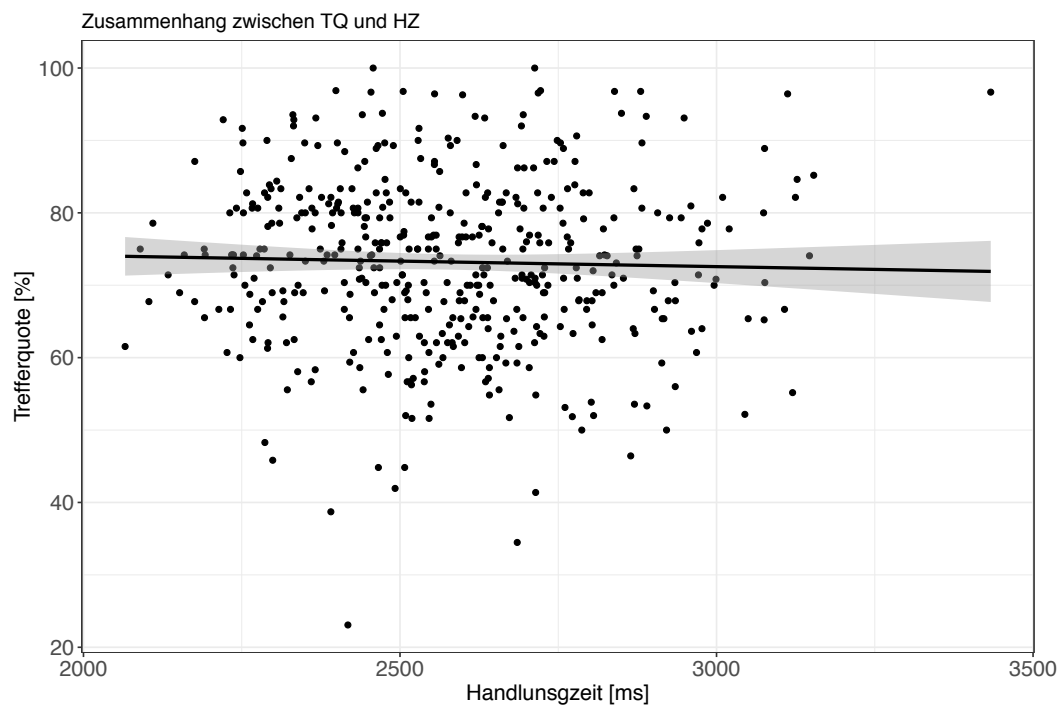


Abbildung A.14. Zusammenhang ($r(460) = -.01, p = .53$) zwischen der mittleren Handlungszeit und der mittleren Treffergenauigkeit im Footbonaut. Abgebildet sind Ergebnisse aus 462 Sessions mit 79 Teilnehmern (Berliner Messreihe).

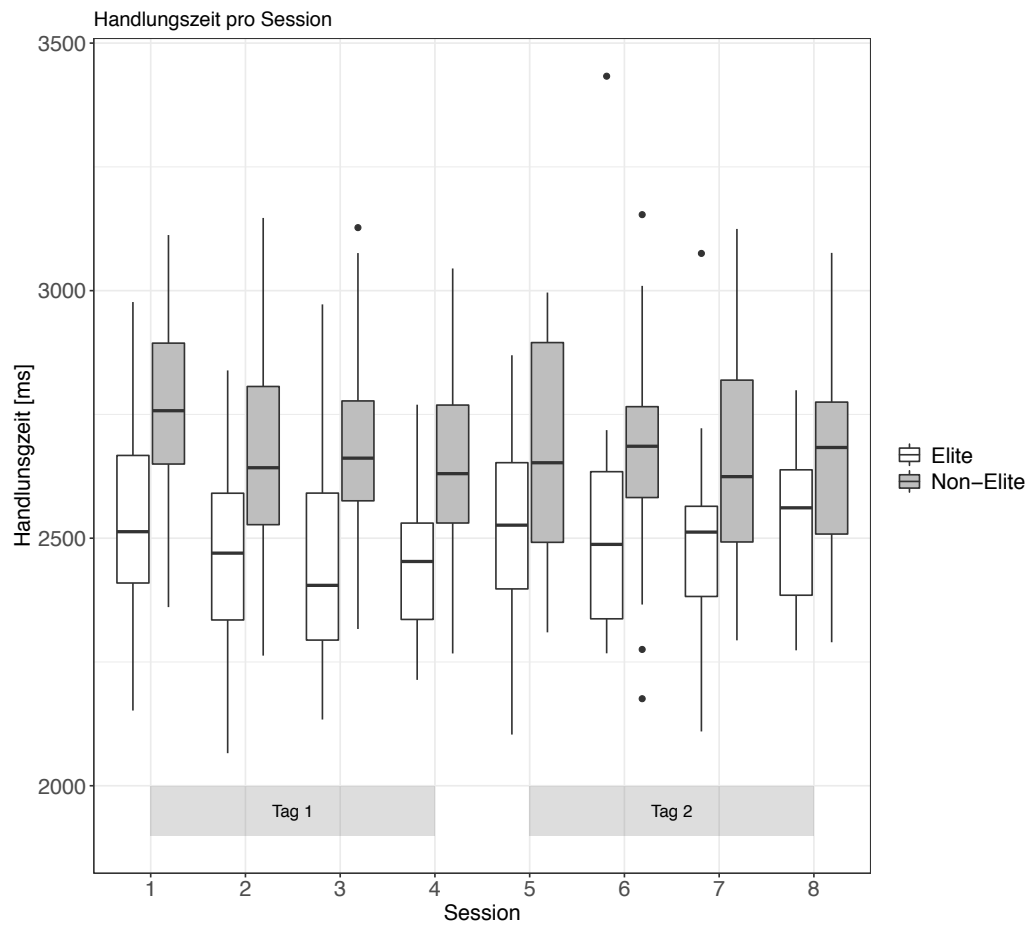


Abbildung A.15. Boxplots mit Median, Interquartilsabstand, Minimum, Maximum und Ausreißer der Handlungszeiten pro Session aus dem Footbonaut Short Passing Test in Abhängigkeit der Leistungsgruppen ($n = 79$).

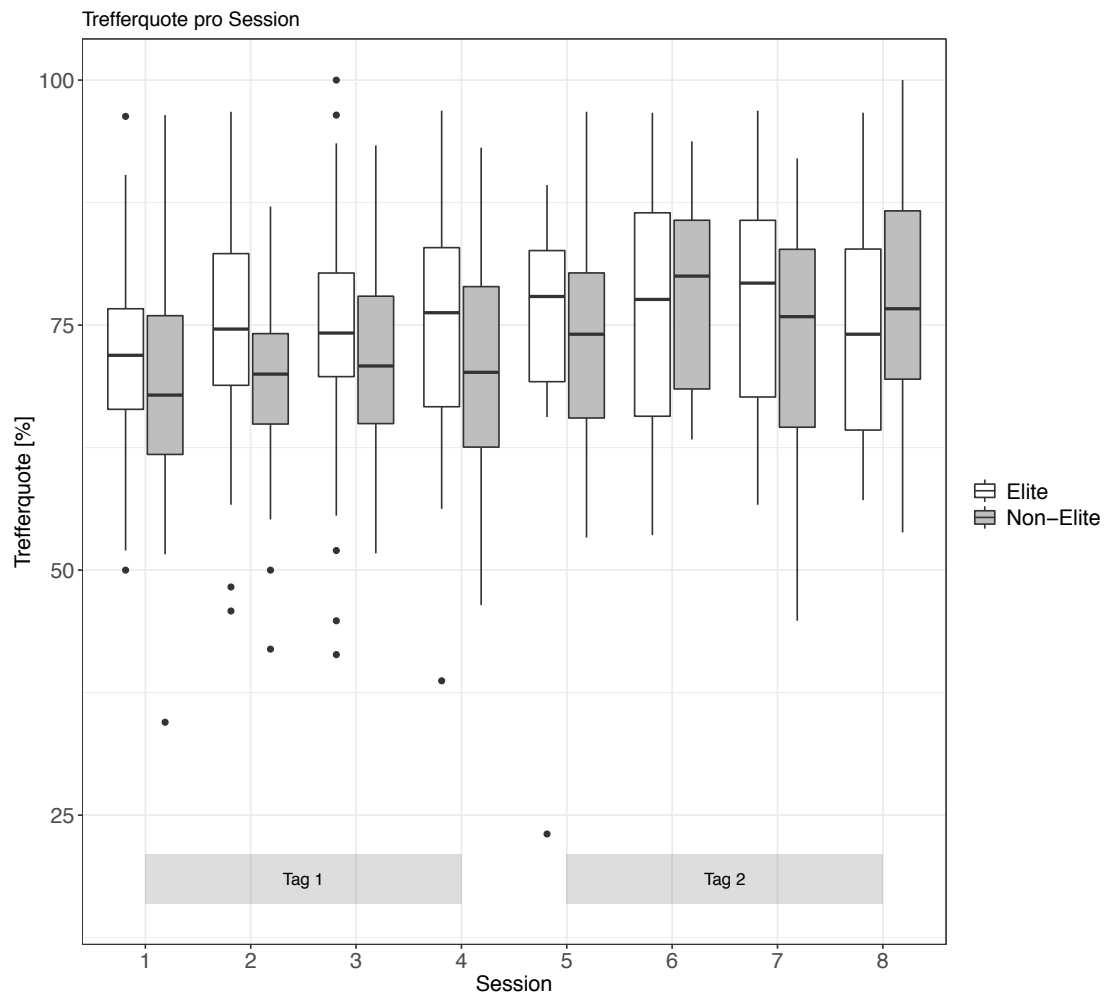


Abbildung A.16. Boxplots mit Median, Interquartilsabstand, Minimum, Maximum und Ausreißer der Trefferquoten pro Session aus dem Footbonaut Short Passing Test in Abhängigkeit der Leistungsgruppen ($n = 79$).

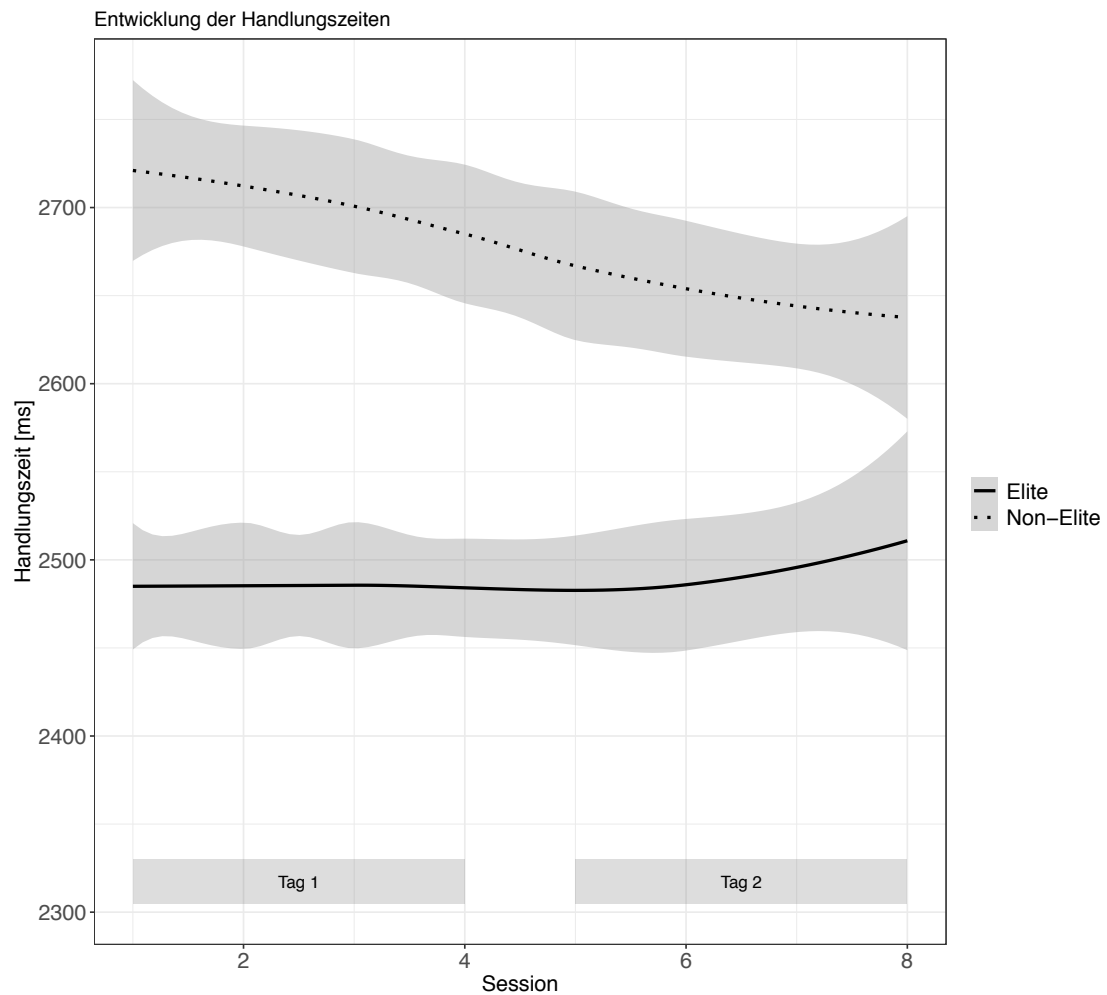


Abbildung A.17. Dargestellt sind die mittels linear gemischtem Modell (Modell 2) zu erwartenden Handlungszeiten in Abhängigkeit der Session und der Leistungsgruppen ($n = 79$).

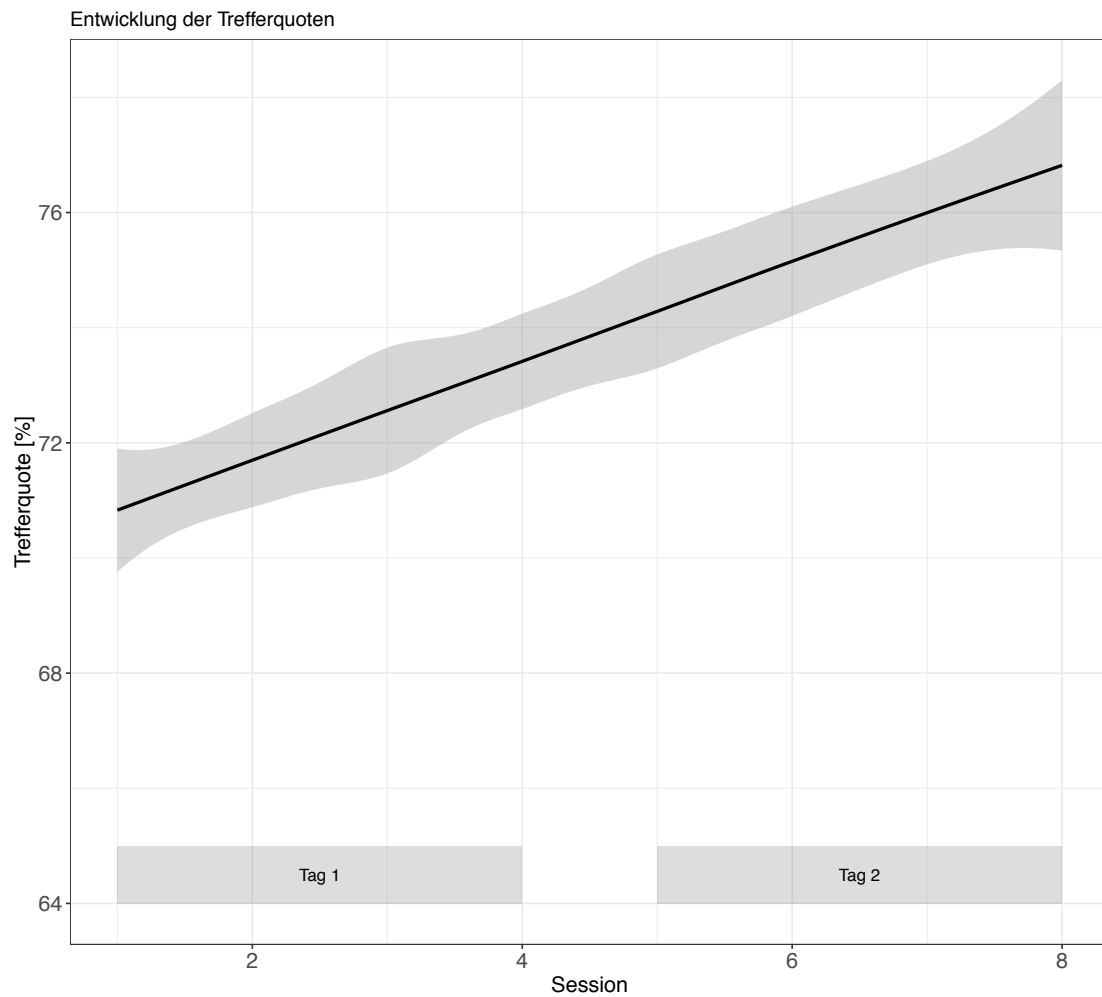


Abbildung A.18. Dargestellt sind die mittels linear gemischtem Modell (Modell 1) zu erwartenden Trefferquoten in Abhängigkeit der Session ($n = 79$).

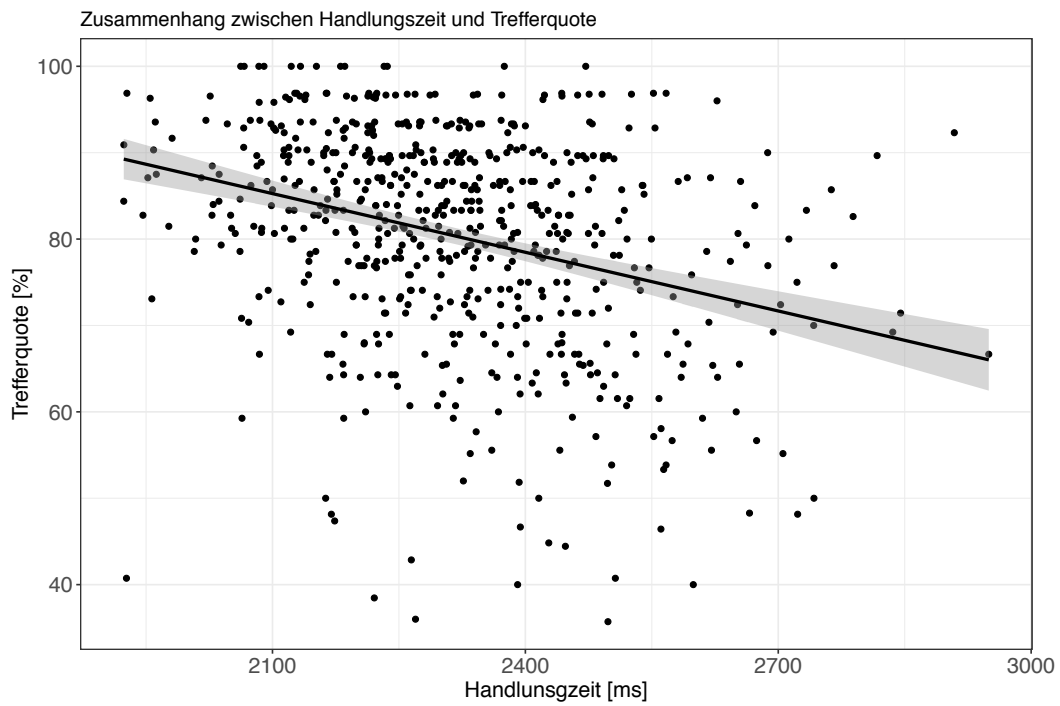


Abbildung A.19. Dargestellt ist der Zusammenhang ($r(619) = -.31, p < .001$) zwischen der mittleren Handlungszeit und der mittleren Treffgenauigkeit im Footbonaut. Abgebildet sind Ergebnisse aus 621 Sessions mit 154 Teilnehmern.

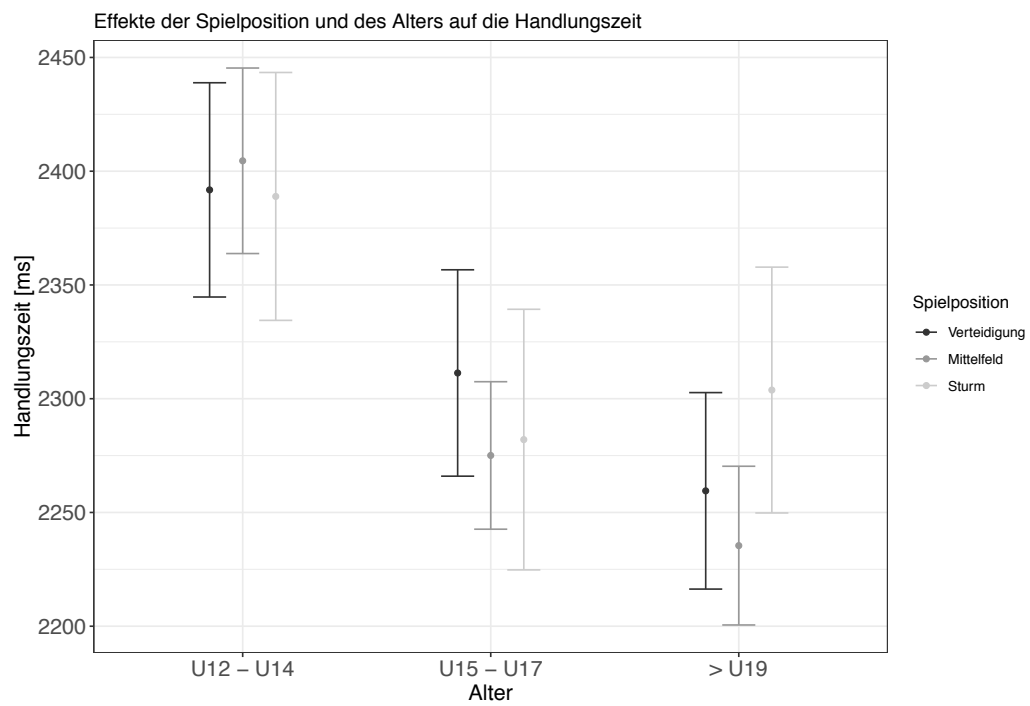


Abbildung A.20. Effekte der Spielposition auf die Handlungszeit in Abhängigkeit des Alters (Fox & Weisberg, 2019). Die Grundlage bilden die geschätzten Zeiten aus dem linear gemischten Modell.

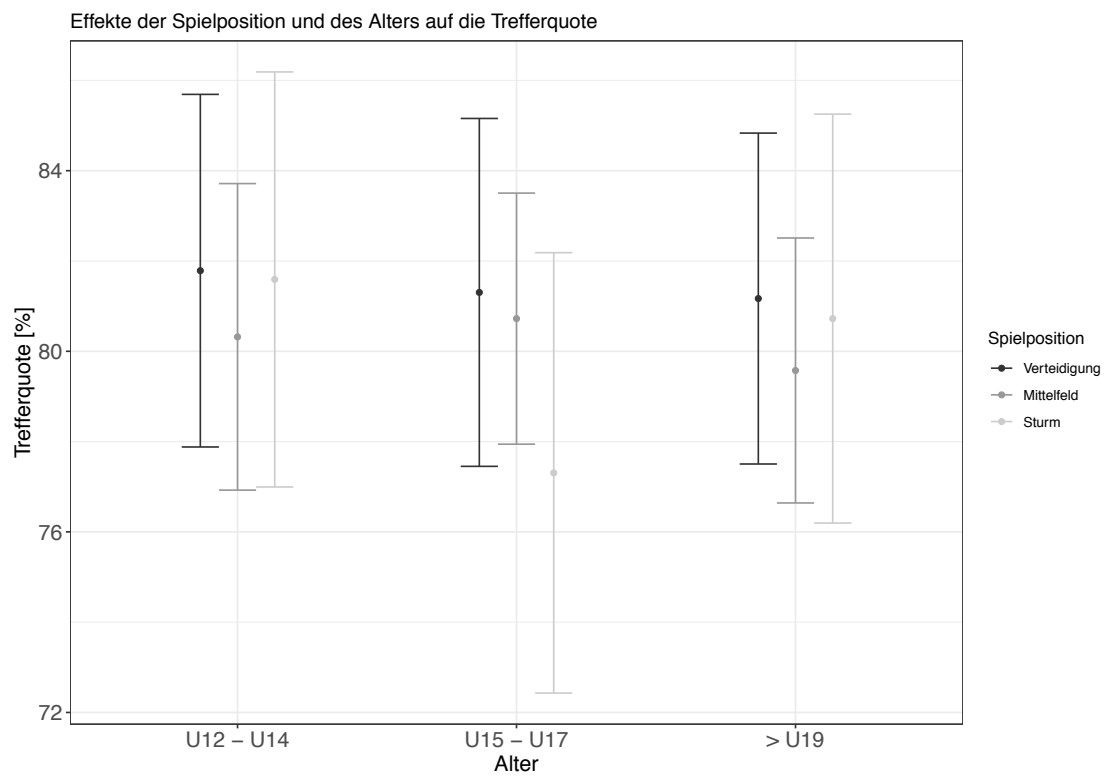


Abbildung A.21. Effekte der Spielposition auf die Trefferquote in Abhängigkeit des Alters (Fox & Weisberg, 2019). Die Grundlage bilden die geschätzten Trefferquoten aus dem linear gemischten Modell.

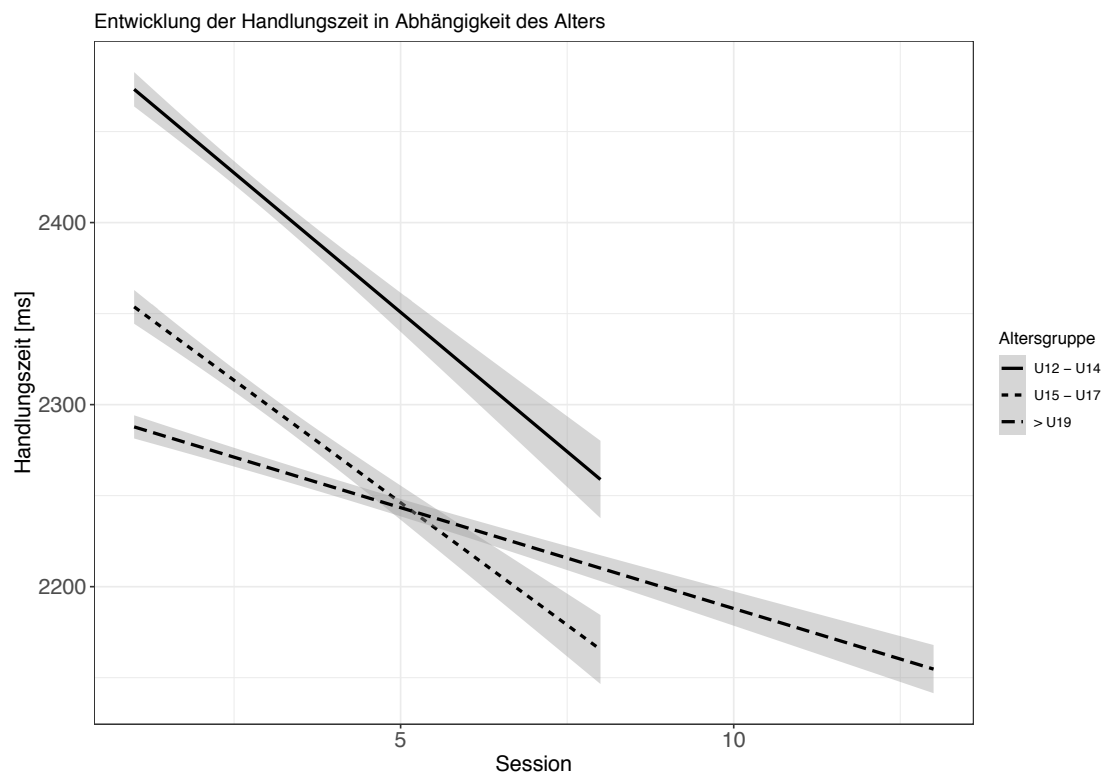


Abbildung A.22. Erwartete Handlungszeit pro Session in Abhängigkeit des Alters.

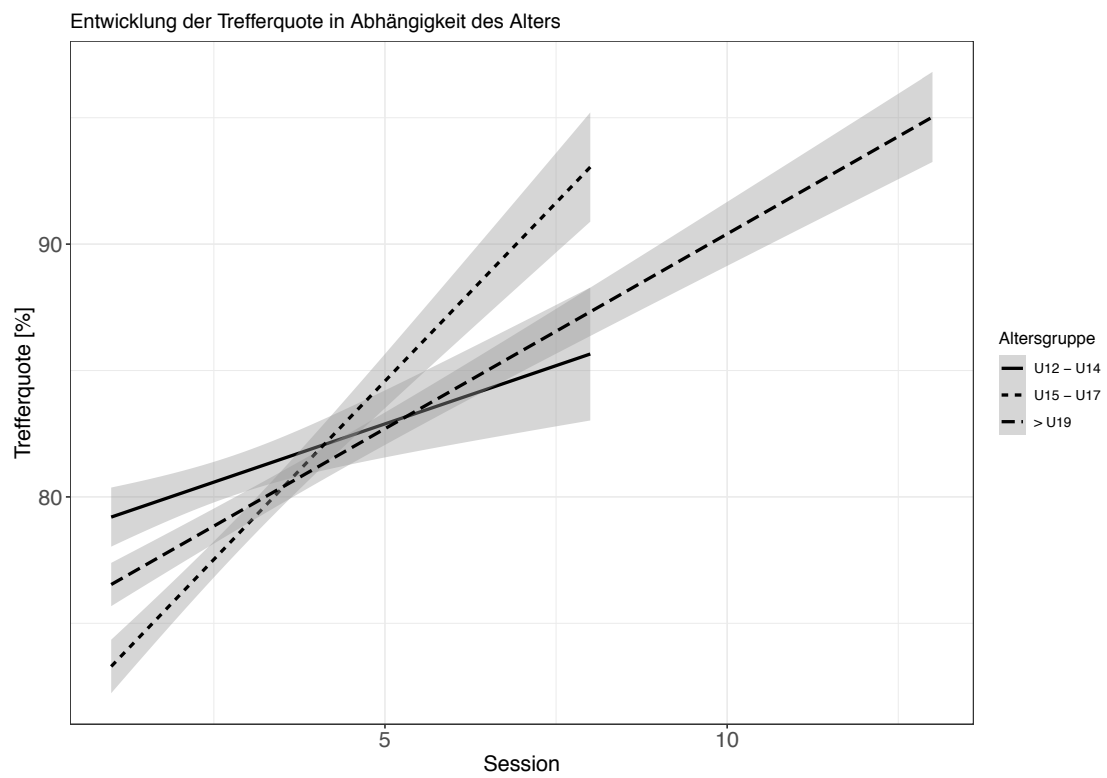


Abbildung A.23. Erwartete Trefferquote pro Session in Abhängigkeit des Alters.

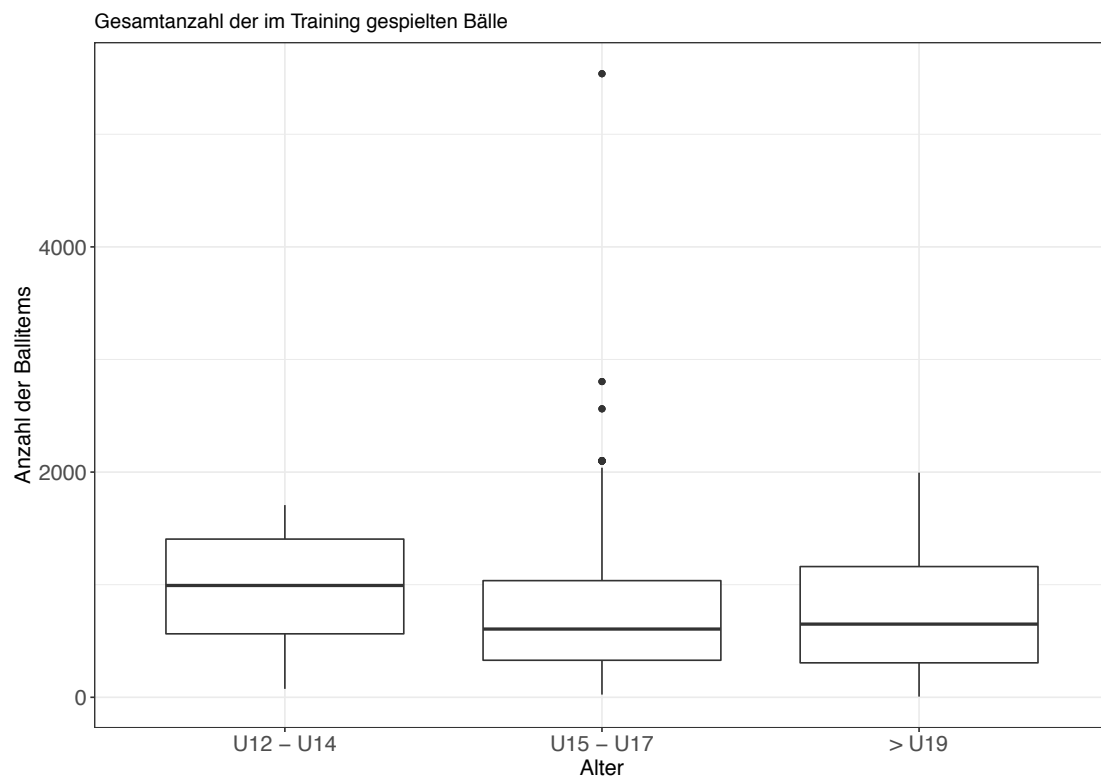


Abbildung A.24. Boxplots mit Median, Interquartilsabstand, Minimum, Maximum und Ausreißer der Anzahl der im Training gespielten Bälle (ohne Footbonaut Short Passing Test) in Abhängigkeit der Altersgruppen.

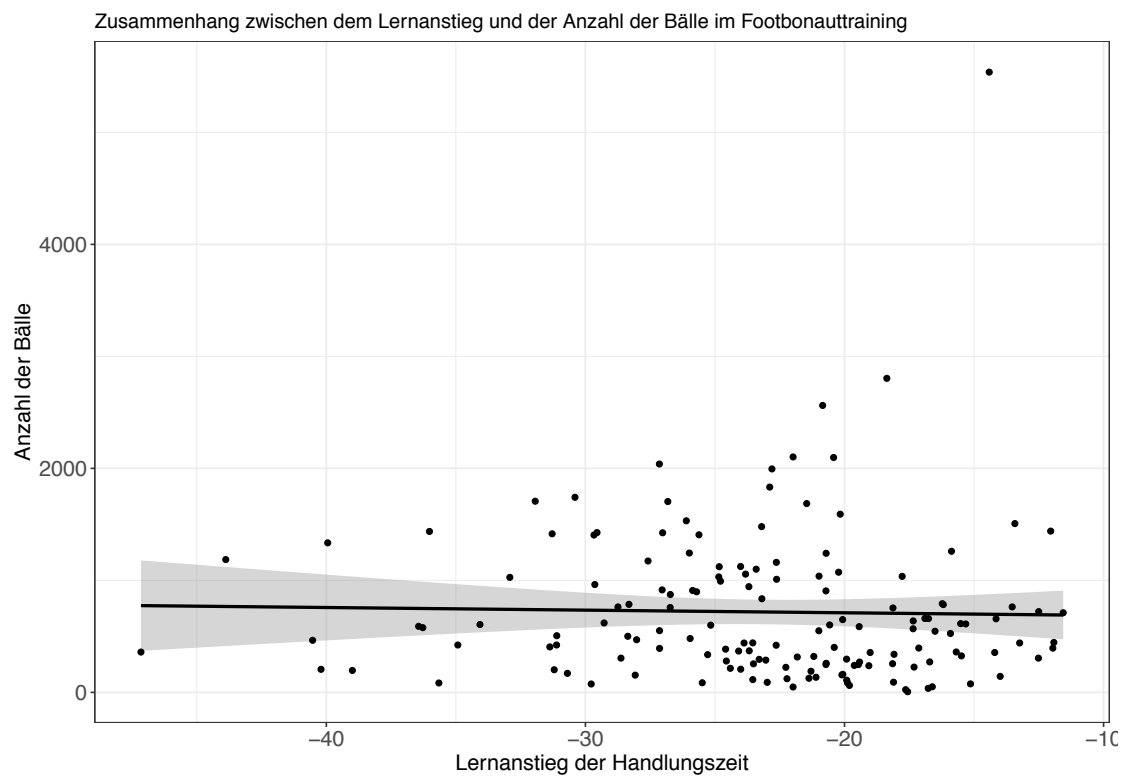


Abbildung A.25. Abseits des Footbonaut Short Passing Tests wurden im Rahmen des regulären Trainings auch Einheiten im Footbonaut absolviert. Die individuellen Regressionskoeffizienten für die Trefferquote wurden einem LME-Modell ($\text{Trefferquote} \sim \text{Session} + (\text{Session}|\text{Spieler})$) entnommen.

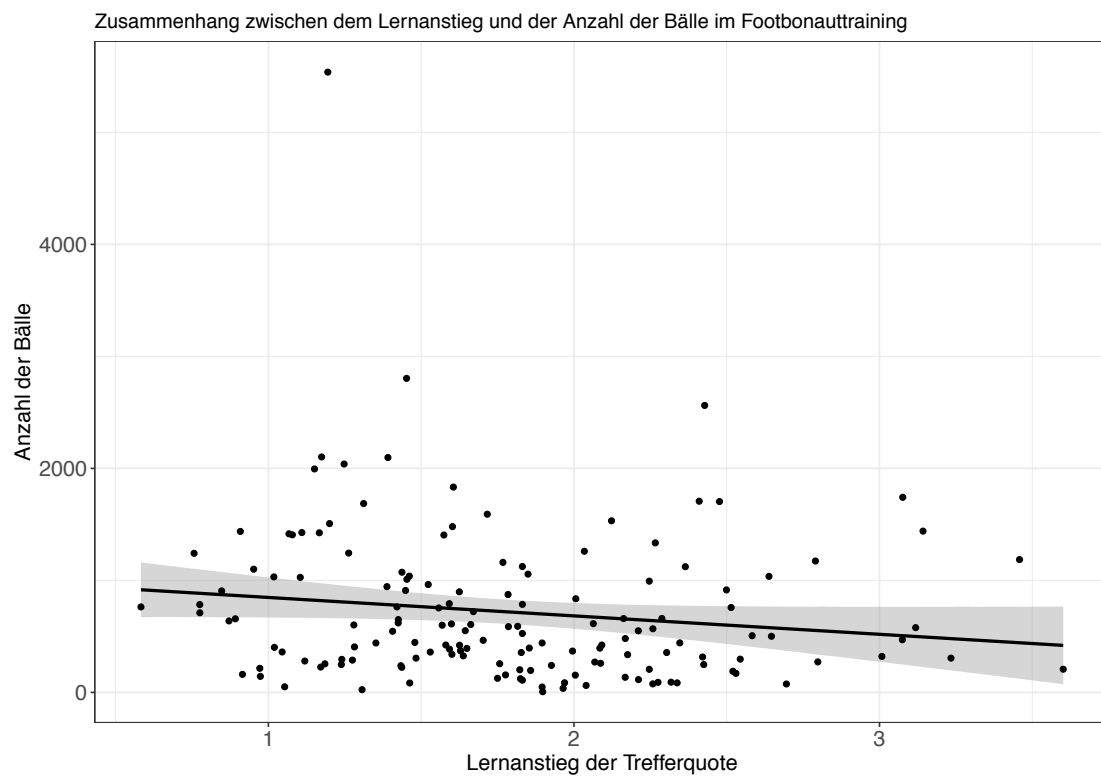


Abbildung A.26. Abseits des Footbonaut Short Passing Tests wurden im Rahmen des regulären Trainings auch Einheiten im Footbonaut absolviert. Die individuellen Regressionskoeffizienten für die Handlungszeiten wurden einem LME-Modell ($\text{Handlungszeit} \sim \text{Session} + (\text{Session}|\text{Spieler})$) entnommen.

Anhang B

Tabellen

Tabelle B.1. Mittelwerte, Standardabweichungen sowie Zusammenhangsmaße für die Schnelligkeit im Footbonaut und der Schnelligkeit bei einfachen Testaufgaben (Berliner Studienreihe).

	Variable	M	SD	1	2
Gesamt					
1	ER ¹	274	23		
2	WR ²	366	33	0.73*** [0.59,0.82]	
3	HZ ³	2623	174	0.19 [-0.05,0.42]	0.15 [-0.08,0.38]
Elite					
1	ER	266	18		
2	WR	359	25	0.72*** [0.53,0.83]	
3	HZ	2568	148	-0.05 [-0.35,0.25]	0.03 [-0.27,0.33]
Non-Elite					
1	ER	288	25		
2	WR	370	43	0.72*** [0.43,0.87]	
3	HZ	2723	175	0.07 [-0.34,0.47]	0.07 [-0.35,0.47]

Note: Werte in den eckigen Klammern zeigen das 95% Konfidenzintervall an. Die Einheit der Mittelwerte ist Millisekunden.

¹ Einfachreaktion

² Zweifachwahlreaktion

³ Handlungszeit

Tabelle B.2. Anthropometrische und trainingsbezogene Merkmale der untersuchten Leistungsgruppen (n = 79, Berliner Studienreihe).

	Leistungsgruppen			
	Elite ^c (n=48)		Non-Elite (n=31)	
	M	SD	M	SD
Körperhöhe ^a	176	7.7	175	8.5
Körpergewicht ^a	63.4	15.6	64.1	11.1
Trainingshäufigkeit ^b	5.3	1.6	2.2	0.5

^a Angaben in cm und kg^b Anzahl der Trainingseinheiten pro Woche^c NLZ Spieler

Tabelle B.3. Datenbankauszug: Anzahl der Teilnehmer und Teamzugehörigkeit in der Hoffenheimer Studienreihe (n = 271, Hoffenheimer Studienreihe).

Team	Anzahl
Zuzenhausen ^a	69
Frauen (2. Bundesliga)	17
Frauen (1. Bundesliga)	15
Frauen (U17)	3
U12	15
U13	20
U14	20
U15	21
U16	15
U17	20
U19	20
U23	22
Profis	14

^a Spieler aus umliegenden Amateurvereinen

Tabelle B.4. Handlungszeiten in Abhängigkeit der Subskalen des Footbonaut Short Passing Tests.

Datensatz	N	Mit Körperdrehung		Ohne Körperdrehung	
		M	SD	M	SD
Berliner Studienreihe	78	2738	374	2431	318
Hoffenheimer Studienreihe	181	2411	441	2351	401
Gesamtwert	259	2509	86	2375	77

Note: Handlungszeiten in ms

Tabelle B.5. Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Hauptkomponentenanalyse für die Testsession im Footbonaut (n = 259).

Ballitem	Rotierte Ladungen (oblimin-pattern matrix)		h ²
	Mit Körperdrehung	Ohne Körperdrehung	
Ballitem 23	0.76	-0.09	0.537
Ballitem 25	0.74	-0.02	0.541
Ballitem 21	0.74	-0.10	0.499
Ballitem 12	0.70	0.06	0.519
Ballitem 9	0.69	-0.07	0.451
Ballitem 18	0.68	-0.01	0.454
Ballitem 29	0.61	0.00	0.368
Ballitem 8	0.55	0.06	0.331
Ballitem 16	0.54	0.08	0.329
Ballitem 24	0.49	0.14	0.315
Ballitem 13	0.48	0.09	0.267
Ballitem 7	0.45	0.19	0.306
Ballitem 2	0.45	0.15	0.275
Ballitem 17	0.44	0.16	0.275
Ballitem 31	0.34	0.21	0.214
Ballitem 14	0.30	0.04	0.103
Ballitem 30	0.30	0.18	0.161
Ballitem 28	0.30	0.15	0.146
Ballitem 32	0.22	0.09	0.072
Ballitem 4	0.02	0.63	0.405
Ballitem 3	-0.18	0.62	0.337
Ballitem 22	-0.01	0.47	0.216
Ballitem 5	0.06	0.45	0.228
Ballitem 20	0.17	0.42	0.253
Ballitem 19	0.17	0.41	0.254
Ballitem 1	-0.08	0.39	0.138
Ballitem 27	0.13	0.37	0.188
Ballitem 10	0.09	0.36	0.161
Ballitem 15	0.13	0.35	0.175
Ballitem 11	0.31	0.35	0.297
Ballitem 26	0.25	0.32	0.227
Ballitem 6	0.16	0.18	0.077
Eigenwerte	6.21	2.91	
Varianz	0.19	0.09	
α	0.88	0.72	

Note: Faktorladung größer gleich .30 sind fettgedruckt

Tabelle B.6. Zusammenfassung der zwei konfirmatorischen Faktorenanalysen des Footbonaut Short Passing Tests (n = 259).

Modelltest und Fit Indices	Model 1 ^a	Model 2 ^b
Bollen-Stine Bootstrap (p-value)	0.083	0.168
CFI	0.849	0.874
AIC	121490.35	121448.96
RMSEA	0.046 [0.039,0.052]	0.042 [0.035,0.049]
SRMR	0.057	0.060

^a Einfaktorielle Lösung^b Zweifaktorielle Lösung: Mit Körperdrehung und Ohne Körperdrehung

Tabelle B.7. Korrelationsmatrix (Pearson) für das Strukturgleichungsmodell (Hoffenheimer Studienreihe, n = 44).

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8
1. HZ	1							
2. TQ	-0.43	1						
3. LS30	0.18	0.08	1					
4. W28	0.27	-0.01	0.91	1				
5. CMJ	-0.2	-0.16	-0.75	-0.69	1			
6. HAMAR	-0.07	-0.01	-0.29	-0.39	0.37	1		
7. D2	-0.22	0.38	-0.03	-0.02	-0.06	0.16	1	
8. DT	-0.22	0.43	-0.12	-0.13	0.05	0.24	0.59	1

Tabelle B.8. Vollständige Auflistung der Parameterschätzungen und des Modellfits aus dem Strukturgleichungsmodell. Estimates sind standardisiert (Std.all) und nicht standardisiert ausgegeben (n = 44, Hoffenheimer Studienreihe).

	Model				
	Estimate	Std. Err.	z	p	Std.all
Factor Loadings					
Informationsverarbeitung					
DT	0.76	0.10	7.76	.000	.78
D2	0.76	0.10	7.76	.000	.76
Laufschnelligkeit					
W28	0.76	0.14	5.31	.000	.77
L30	0.83	0.15	5.68	.000	.84
Sprungkraft					
CMJ	0.97	0.17	5.61	.000	.98
HAMAR	0.35	0.16	2.23	.026	.36
Passschnelligkeit					
HZ	0.92	0.11	8.72	.000	1.00
Passgenauigkeit					
TQ	0.83	0.10	8.63	.000	1.00
Regression Slopes					
Passschnelligkeit					
Informationsverarbeitung	-0.31	0.20	-1.54	.123	-0.29
Laufschnelligkeit	-0.01	0.27	-0.05	.962	-0.01
Sprungkraft	-0.23	0.24	-0.96	.335	-0.22
Passgenauigkeit					
Informationsverarbeitung	0.63	0.21	3.06	.002	0.53
Laufschnelligkeit	0.05	0.30	0.18	.860	0.04
Sprungkraft	-0.15	0.26	-0.56	.572	-0.12
Residual Variances					
DT	0.38	0.15	2.48	.013	0.40
D2	0.43	0.12	3.51	.000	0.42
W28	0.39	0.15	2.62	.009	0.40
L30	0.28	0.17	1.62	.104	0.29
CMJ	0.03	0.25	0.13	.894	0.03
HAMAR	0.85	0.20	4.29	.000	0.90
HZ	0.00 ⁺				0.00
TQ	0.00 ⁺				0.00
Residual Covariances					
W28-L30	0.25	0.15	1.61	.107	0.74
CMJ-HAMAR	0.02	0.15	0.12	.903	0.11
Latent Variances					
Informationsverarbeitung	1.00 ⁺			1.00	
Laufschnelligkeit	1.00 ⁺			1.00	
Sprungkraft	1.00 ⁺			1.00	
Passschnelligkeit	1.00 ⁺			0.87	
Passgenauigkeit	1.00 ⁺			0.69	
Latent Covariances					
Informationsverarbeitung-Laufschnelligkeit	-0.12	0.21	-0.59	.556	-0.12
Informationsverarbeitung-Sprungkraft	-0.00	0.22	-0.02	.986	-0.00
Laufschnelligkeit-Sprungkraft	-0.90	0.20	-4.59	.000	-0.90
Passschnelligkeit-Passgenauigkeit	-0.39	0.16	-2.41	.016	-0.39
Fit Indices					
χ ²	14.23(df=11)			.221	
χ ² (Bollen-Stine Bootstrap)	14.23(df=11)			.518	
CFI	0.98				
TLI	0.95				
RMSEA	0.08 [0.00,0.19]				
SRMR	0.063				

⁺Fixed parameter

Tabelle B.9. Mittelwerte und Standardabweichungen der Handlungszeiten und Trefferquoten im Footbonaut Short Passing Test (Berliner Testreihe) in Abhängigkeit von der Gruppenzugehörigkeit und der gespielten Session.

Gruppe	Session	Test	N	Trefferquote ^a		Handlungszeit ^b	
				M	SD	M	SD
Non-Elite	1	pre-test	31	67.29	11.78	2776	11.78
Non-Elite	2	pre-test	31	68.68	9.45	2675	9.45
Non-Elite	3	pre-test	31	71.96	10.36	2687	10.36
Non-Elite	4	pre-test	30	70.51	10.96	2643	10.96
Non-Elite	5	post-test	23	74.13	11.56	2683	11.56
Non-Elite	6	post-test	23	77.31	9.76	2663	9.76
Non-Elite	7	post-test	23	74.03	12.45	2652	12.45
Non-Elite	8	post-test	23	77.06	11.10	2649	11.10
Elite	1	pre-test	48	72.03	9.67	2524	9.67
Elite	2	pre-test	48	73.94	11.38	2476	11.38
Elite	3	pre-test	48	73.74	12.06	2451	12.06
Elite	4	pre-test	48	75.35	11.93	2455	11.93
Elite	5	post-test	14	73.36	16.10	2514	16.10
Elite	6	post-test	14	76.60	14.32	2542	14.32
Elite	7	post-test	14	77.14	12.51	2505	12.51
Elite	8	post-test	13	74.03	12.10	2524	12.10

^a Handlungszeiten in ms

^b Trefferquoten in %

Tabelle B.10. Zusammenfassende Darstellung der verschiedenen Modelle. Überprüft wurde der Einfluss der Messwiederholung (Session) und der Gruppenzugehörigkeit auf die Handlungszeit (HZ) im Footbonaut Short Passing Test (n = 79, Berliner Studienreihe).

	Baseline B [CI 95 %]	Model 1 B [CI 95 %]	Model 2 B [CI 95 %]
Feste Effekte			
Intercept	2573*** [2533,2613]	2579*** [2526,2633]	2485*** [2424,2546]
Session		-2.86 [-12.28,6.57]	0.31 [-13.19,13.80]
Gruppe Non-Elite			247.35*** [153.12,341.59]
Session:Gruppe			-10.82 [-29.63,7.99]
Zufällige Effekte			
σ^2 ^a	20617.08	17112.47	17040.3
$\tau_{00,idP}$ ^b	28878.28	45218.70	30126.77
ρ_{01} ^c		-0.60	-0.62
Beobachtungen	462	462	462
AIC	6077.03	6059.24	6032.16

* p<.05; ** p<.01; *** p<.001

^a Within-group (residual) variance

^b Between-group variance

^c Random-Intercept-Slope-correlation

Tabelle B.11. Zusammenfassende Darstellung der verschiedenen Modelle. Überprüft wurde der Einfluss der Messwiederholung (Session) und der Gruppenzugehörigkeit auf die Trefferquote (TQ) im Footbonaut Short Passing Test (n = 79, Berliner Studienreihe).

	Baseline B [CI 95 %]	Model 1 B [CI 95 %]	Model 2 [CI 95 %]
Feste Effekte			
Intercept	73.03*** [71.44-74.63]	69.97*** [67.54-72.40]	69.27*** [69.27-75.53]
Session		0.86 *** [0.38-1.35]	0.49 [-0.23-1.21]
Gruppe Non-Elite			-5.82 * [-10.61-1.03]
Session:Gruppe			0.80 [-0.18-1.77]
Zufällige Effekte			
σ^2 ^a	100.87	93.63	93.73
$\tau_{00,idP}$ ^b	33.505	53.95	45.8
ρ_{01} ^c		-0.65	-0.58
Beobachtungen	462	462	462
AIC	3531.92	3521.45	3519.92

* p<.05; ** p<.01; *** p<.001

^a Within-group (residual) variance

^b Between-group variance

^c Random-Intercept-Slope-correlation

Tabelle B.12. Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Handlungszeiten und Trefferquoten im Footbonaut Short Passing Test (Hoffenheimer Studienreihe) in Abhängigkeit von der Spielposition und des Alters.

Alter	N	Spielposition	Handlungszeit ^a		Trefferquote ^b	
			M	SD	M	SD
U12 - U14	17	Verteidigung	2421	173.38	81.59	11.15
	21	Mittelfeld	2423	157.67	79.96	10.82
	11	Sturm	2405	163.95	81.45	10.89
U15 - U17	15	Verteidigung	2339	189.84	78.72	13.40
	28	Mittelfeld	2283	166.22	79.76	12.13
	9	Sturm	2290	140.87	76.33	14.67
> U19	16	Verteidigung	2256	130.01	82.46	12.32
	26	Mittelfeld	2233	142.27	80.33	12.95
	11	Sturm	2293	147.84	82.05	14.69

^a Handlungszeiten in ms

^b Trefferquoten in %

Tabelle B.13. Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Handlungszeiten und Trefferquoten in Abhängigkeit vom Alter und des Indexes der Session (Hoffenheimer Studienreihe).

Alterskohorte	N	Session	Handlungszeit ^a		Trefferquote ^b	
			M	SD	M	SD
U12 - U14	49	1	2470	156.78	77.64	13.02
	46	2	2467	172.84	80.53	11.93
	28	3	2366	117.05	82.96	7.31
	27	4	2381	156.63	84.27	8.59
	15	5	2351	192.37	81.10	8.39
	12	6	2336	120.39	83.88	9.97
	2	7	2244	141.68	78.39	8.46
	1	8	2382		66.67	
U15 - U17	52	1	2392	198.76	67.39	13.20
	50	2	2292	146.41	81.08	12.81
	43	3	2268	173.74	83.02	9.77
	31	4	2273	114.36	82.04	8.52
	23	5	2262	158.09	82.32	11.25
	17	6	2280	130.65	85.61	9.11
	4	7	2116	199.34	81.05	12.25
	1	8	2093		86.67	
> U19	53	1	2327	139.35	72.14	14.72
	46	2	2240	123.24	80.03	11.31
	28	3	2205	116.82	81.05	11.46
	19	4	2243	126.73	86.73	10.68
	12	5	2257	156.47	85.36	15.77
	12	6	2271	132.84	88.86	5.66
	11	7	2318	200.47	85.57	5.74
	8	8	2236	107.41	88.77	5.92
	8	9	2183	123.46	87.59	8.69
	7	10	2199	90.55	85.80	11.71
	7	11	2192	148.82	85.23	12.99
	5	12	2097	109.31	93.13	9.48
	4	13	2105	29.16	92.97	8.22

^a Handlungszeiten in ms

^b Trefferquoten in %

Tabelle B.14. Zusammenfassende Darstellung der verschiedenen Modelle. Überprüft wurde der Einfluss der Messwiederholung (Session), der Spielposition und des Alters auf die Handlungszeit (HZ) im Footbonaut Short Passing Test (n = 154, Hoffenheimer Studienreihe).

	Model 1^a B [CI95%]	Model 2^b B [CI95%]	Model 3^c B [CI95%]
Feste Effekte			
Intercept	2332*** [2301 – 2363]	2413*** [2370 – 2457]	2549*** [2472 – 2626]
Mittelfeld	-31.00 [-70.43 – 8.43]	5.28 [-52.18 – 62.74]	-72.31 [-173.86 – 29.24]
Sturm	0.14 [-49.25 – 49.53]	-14.35 [-80.74 – 52.05]	-27.59 [-147.52 – 92.34]
U15 - U17		-83.88** [-144.07 – -23.69]	-60.41 [-171.15 – 50.34]
> U19		-148.79*** [-209.44 – -88.13]	-250.09*** [-348.47 – -151.70]
Mittelfeld:U15 - U17		-54.61 [-131.82 – 22.60]	-82.95 [-224.01 – 58.11]
Sturm:U15 - U17		-33.47 [-129.05 – 62.12]	-100.17 [-272.52 – 72.17]
Mittelfeld:> U19		30.03 [-109.50 – 49.45]	44.90 [-83.57 – 245.68]
Sturm:> U19		60.91 [-34.99 – 156.81]	91.47 [-62.74 – 245.68]
Session			-47.38*** [-70.37 – -24.40]
Mittelfeld:Session			25.54 [-4.72 – 55.80]
Sturm:Session			7.42 [-27.54 – 42.38]
U15 - U17:Session			-6.03 [-38.82 – 26.75]
> U19:Session			35.37** [9.90 – 60.82]
Mittelfeld:U15 - U17:Session			10.18 [-31.02 – 51.37]
Sturm:U15 - U17:Session			22.14 [-26.83 – 71.12]
Mittelfeld:<U 19:Session			-24.54 [-57.86 – 8.78]
Sturm:>U 19:Session			-13.29 [-51.93 – 25.35]
Zufällige Effekte			
σ^{2d}	20443	20758	19773
$\tau_{00,id}^e$	19081	10360	3597
N	154	154	154
Beobachtungen	621	621	621
R^2 / Ω_0^2	.55 / .47	.54 / .47	.50 / .47
AIC	8105	8051	8012

* p<.05; ** p<.01; *** p<.001

^a Handlungszeit ~ Spielposition

^b Handlungszeit ~ Spielposition x Alterskohorte

^c Handlungszeit ~ Spielposition x Alterskohorte x Session

^d Within-group (residual) variance

^e Between-group variance

Tabelle B.15. Zusammenfassende Darstellung der verschiedenen Modelle. Überprüft wurde der Einfluss der Messwiederholung (Session), der Spielposition und des Alters auf die Trefferquote (TQ) im Footbonaut Short Passing Test (n = 154, Hoffenheimer Studienreihe).

	Model 1^a B [CI95%]	Model 2^b B [CI95%]	Model 3^c B [CI95%]
Feste Effekte			
Intercept	81.85*** [79.59 – 84.11]	81.77*** [77.85 – 85.70]	75.53*** [69.08 – 81.97]
Mittelfeld	-1.34 [-4.23 – 1.54]	-1.72 [-6.94 – 3.51]	4.70 [-3.87 – 13.26]
Sturm	-1.62 [-5.24 – 1.99]	0.02 [-6.01 – 6.05]	1.41 [-8.73 – 11.55]
U15 - U17		-0.64 [-6.12 – 4.84]	-9.97* [-19.31 – -0.63]
> U19		1.15 [-4.34 – 6.65]	-0.04 [-8.65 – 8.57]
Mittelfeld:U15 - U17		1.78 [-5.25 – 8.81]	2.29 [-9.65 – 14.22]
Sturm:U15 - U17		-3.07 [-11.77 – 5.64]	2.48 [-12.21 – 17.18]
Mittelfeld:> U19		-1.13 [-8.33 – 6.07]	-4.48 [-15.72 – 6.76]
Sturm:> U19		-2.17 [-10.86 – 6.51]	-2.44 [-15.99 – 11.11]
Session			1.88* [0.22 – 3.53]
Mittelfeld:Session			-1.85 [-4.03 – 0.33]
Sturm:Session			-0.48 [-3.01 – 2.05]
U15 - U17:Session			2.85* [0.48 – 5.22]
>U19:Session			-0.17 -2.04 – 1.69]
Mittelfeld:U15-U17:Session			-0.42 [-3.40 – 2.55]
Sturm:U15-U17:Session			-1.89 [-5.43 – 1.66]
Mittelfeld:>U19:Session			1.31 [-1.13 – 3.74]
Sturm:>U19:Session			0.66 [-2.19 – 3.51]
Zufällige Effekte			
σ^2_d	101.8	102.3	97.13
$\tau_{00,id}^e$	133.6	132.2	73.8
N	154	154	154
Beobachtungen	621	621	621
R^2 / Ω_0^2	.51 / .43	.36 / .28	.40 / .39
AIC	4837	4847	4785

* p<.05; ** p<.01; *** p<.001

^a Trefferquote ~ Spielposition

^b Trefferquote ~ Spielposition x Alterskohorte

^c Trefferquote ~ Spielposition x Alterskohorte x Session

^d Within-group (residual) variance

^e Between-group variance

Anhang C

Codebuch

Package ‘Footbonaut’

August 26, 2019

Title Footbonaut Analysen

Version 0.0.0.9000

Description This package is part of a Phd at the Faculty of Sport Science, Institute of General Kinesiology and Athletics Training, University Leipzig. It is a documentation of the main statistical analysis of FSPT (Footbonaut Short Passing Test) data. This package contains three datasets (HT32, BT32, and performance) and a few helper functions to process the data to conduct further analysis such as factor analysis or analysis using linear mixed models. Steps of statistical analysis can be taken from the vignette.

Encoding UTF-8

License file LICENSE

LazyData true

Imports data.table

Depends R (>= 2.10)

RoxygenNote 6.1.1

Suggests knitr,
rmarkdown

VignetteBuilder knitr

R topics documented:

BT32	2
HT32	3
performance	4
processBT32CFA	4
processBT32lme	5
processHT32CFA	5
processHT32lme	6
Index	7

2

BT32

BT32

*Results of Footbonaut Short Passing Test (Berlin)***Description**

A dataset containing the performance values and other variables of 79 soccer players of the Footbonaut Short Passing Test

Usage

BT32

Format

A data frame with 14624 rows and 24 variables:

idB ball ID
idP player id
idS session id
idX ball id within Session
adrM adress ballmachine
adrW adress target
delay time between signal and ball release
sL machine speed left
sR machine speed right
vA vertical angle
leds IED activation
snd sound activation
deg degree between machine and target
goal Wether the correct target is hitten
hit adress of hitted target
time time between ball release and ball passes the target
goal.under.5000ms wether a ballitem is solved under 5000ms
group group player in scouted an non scouted
created time stamp of file creation
JSON-File name of the session
comments just comments
idFBN id of Footbonaut
saubereID index of ball within FSPT
score Fiedler Footbonaut points
nB ball counts per session
date timestamp of session

Source

Cgoal GmbH

HT32

3

HT32

*Results of Footbonaut Short Passing Test (Hoffenheim)***Description**

A dataset containing the performance values and other variables of 331 soccer players of the Footbonaut Short Passing Test

Usage

HT32

Format

A data frame with 34163 rows and 24 variables:

idB unique ball id

idS unique session id

idX ball id within session

adrM adress ballmachine

adrW adress target

delay time between signal and ball release

sL machine speed left

sR machine speed right

vA vertical angle

deg degree bewteen ballamchine and target

goal correct target

hit hit target

time time between ball release and target entry

fbn footbonaut location

score fiedler points, heuristic score of time and hit rate

pos players position

team team affiliation

nB number of balls within session

date timestamp of session

idP unique player id

saubereID index of ball within FSPT

Ngesamt number of ballitems for each player from Footbonaut training

Source

Cgoal GmbH

4

processBT32CFA

performance

*Performance data of soccer player***Description**

A dataset containing motoric and cognitive values of speed from soccer players. Includes also Footbonaut Short Passing Test data.

Usage

```
performance
```

Format

A data frame with 44 rows and 10 variables:

PlayerID unique player id

Mannschaft team affiliation, u14 equals under 14

HZ response time of FSPT

TQ hit rate of FSPT

L30 time of 30m linear sprint

W28 time of change of direction speed sprint

CMJ jumping height from counter movement jump

HAMAR mechanical power from HAMAR jumping test

D2 correct response from aufmerksamkeits-belastungs-test

DT correct response from determinationtest

Source

TSG 1899 Hoffenheim and Cgoal GmbH

processBT32CFA

*Process BT32 for CFA***Description**

This function preprocess BT32 for the itemanalysis. This function cut the distribution of the response time [4500,900] and calculate means for each ballitem. Data is changed to wide format and new columnnames are generated.

Usage

```
processBT32CFA(BT32)
```

Arguments

BT32 a data frame

Value

an aggregated data frame ready for CFA

processBT32lme

5

<code>processBT32lme</code>	<i>processBT32lme</i>
-----------------------------	-----------------------

Description

This function process BT32 for longitudinal analysis using lme4. Distribution is cut by 4500 and 900ms. Means of response time and hit rate are given by session. Adds a new column with session index.

Usage

```
processBT32lme(BT32)
```

Arguments

BT32	a data.frame
------	--------------

Value

an aggregated data frame ready for LME

<code>processHT32CFA</code>	<i>Process HT32 for CFA</i>
-----------------------------	-----------------------------

Description

This function preprocess HT32 for the itemanalysis. This function cut the distribution of the response time [4500,900] and calculate means for each ballitem. Further several teams are removed. Data is changed into wide format and new columnnames are generated.

Usage

```
processHT32CFA(HT32)
```

Arguments

HT32	a data frame
------	--------------

Value

an aggregated data frame ready for CFA

6

processHT32lme

*processHT32lme**processHT32lme*

Description

This function process HT32 for longitudinal anlysis with lme4. Women, goalkeeper and scouting groups are removed. The distribution of response time is cut by 4500 and 900ms. Only session with nB > 25 are used. Means are calculated by session. Variable team is grouped into U12-U14, U15-U17 an >U19.

Usage

```
processHT32lme(HT32)
```

Arguments

HT32 a data.frame

Value

an aggregated data frame ready for LME

Index

- *Topic **Mittelwerte**
 - processBT321me, [5](#)
 - processHT321me, [6](#)
- *Topic **Session**
 - processBT321me, [5](#)
 - processHT321me, [6](#)
- *Topic **bilde**
 - processBT321me, [5](#)
 - processHT321me, [6](#)
- *Topic **datasets**
 - BT32, [2](#)
 - HT32, [3](#)
 - performance, [4](#)
- *Topic **preprocess**
 - processHT32CFA, [5](#)
- *Topic **process**
 - processBT32CFA, [4](#)
- *Topic **pro**
 - processBT321me, [5](#)
 - processHT321me, [6](#)

BT32, [2](#)

HT32, [3](#)

performance, [4](#)

processBT32CFA, [4](#)

processBT321me, [5](#)

processHT32CFA, [5](#)

processHT321me, [6](#)

Vignette Footbonaut Package

Christian Saal

2019-08-26

Inhaltsverzeichnis

Einführung	1
Itemanalyse Footbonaut Short Passing Test (Kap. 3.1)	2
Inspektion der Daten und Überprüfung der Voraussetzungen für eine faktorenanalytische Berechnung (Kap. 3.1.2)	2
Explorative Faktorenanalyse (Kap. 3.1.2)	3
Konfirmatorische Faktorenanalyse (Kap. 3.1.2)	3
Schnelligkeit im Footbonaut Short Passing Test (Kap. 3.2)	4
Deskriptive Analyse (Kap. 3.2.2)	4
Clusteranalyse als Vorbereitender Schritt für das Strukturgleichungsmodell (Kap. 3.2.2)	4
Strukturgleichungsmodell (Kap. 3.2.2)	5
Leistungsgruppen im Footbonaut Short Passing Test (Kap. 3.3)	6
Deskriptive Analyse (Kap. 3.3.2)	6
Linear gemischte Modelle (Kap. 3.3.2)	6
Alter und Spielpositionen im Footbonaut Short Passing Test (Kap. 3.4)	7
Deskriptive Analyse (Kap. 3.4.2)	7
Linear gemischte Modelle (Kap. 3.4.2)	8
Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Lernanstieg im FSPT und Training im Footbonaut (Kap. 3.4.3)	8

Einführung

Zur Dokumentation der Analyseschritte der Dissertation wurde ein R-Paket geschrieben. In diesem R-Paket sind drei Datensätze (BT32, HT32 und performance) integriert und Funktionen um die Datensätze für die Berechnungen vorzubereiten. In dieser Vignette werden lediglich die Hauptanalysen der Dissertation dokumentiert. Aus Platzgründen wurde darauf verzichtet die Abläufe für druckfertige Grafiken und Tabellen zu integrieren. Ebenso sind explorative Schritte bspw. das Überprüfen von Verteilungen oder Berechnungen von Streuungsmaßen nur ansatzweise dokumentiert.

Vordergründig sollen die komplexeren Analysen nachvollziehbar und reproduzierbar gemacht werden.

Folgende R-Pakete werden dafür benötigt:

```
# install packages from local source
install.packages(path_to_file, repos = NULL, type="source")

# mit diesem Befehl können die Pakete installiert werden
install.packages(setdiff(c("lme4",
                           "lmerTest",
                           "effects",
                           "optimx",
                           "RColorBrewer",
```

```

"pheatmap"), rownames(installed.packages()))

# Pakete einlesen
library(Footbonaut)
library(lme4)
library(lmerTest)
library(effects)
library(optimx)
library(RColorBrewer)
library(pheatmap)
library(psych)

```

Itemanalyse Footbonaut Short Passing Test (Kap. 3.1)

Diese drei Zeilen fügen die beiden Datensätze BT32 und HT32 zu einem im Datensatz im “wide” Format zusammen. Weiter werden Teilmengen des Datensatzes gebildet. In der Paket-Beschreibung sind diese Funktionen dokumentiert.

```

# data processing
BT32ballswide <- processBT32CFA(BT32)
HT32ballswide <- processHT32CFA(HT32)
all <- rbind(HT32ballswide, BT32ballswide)

# direktes aufrufen der Funktion um den Inhalt zu sehen
# BT32ballswide

```

Inspektion der Daten und Überprüfung der Voraussetzungen für eine faktorenanalytische Berechnung (Kap. 3.1.2)

```

# definiere Items mit Drehung und ohne Drehung
Drehung <- c("X2", "X7", "X8", "X9", "X11",
             "X12", "X13", "X16", "X18",
             "X21", "X23", "X24", "X25",
             "X29", "X31")
KeineDrehung <- c("X1", "X3", "X4", "X5", "X6",
                  "X10", "X14", "X15", "X17",
                  "X19", "X20", "X22", "X26",
                  "X27", "X28", "X30", "X32")

# Korrelationsmatrix
all <- all[c(Drehung, KeineDrehung)] # sortiere data frame
cormat <- cor(all)
cormat <- round(cormat, 2)

# Verteilung Korrelationskoeffizienten
fac1 <- cormat[, 1:15][1:15,]; summary(fac1[fac1 < 1])
fac2 <- cormat[, 16:32][16:32,]; summary(fac2[fac2 < 1])

# Itemhomogenität
corMean <- apply(cormat, 2, mean)

```

```

mean(corMean)

# Trennschärfe
gesamt_Drehung      <- apply(all[,1:15], 1, mean)
trennschärfe_Drehung <- apply( all[,1:15], 2 , cor , y = gesamt_Drehung )
quantile(trennschärfe_Drehung)
trennschärfe_KDrehung <- apply( all[,16:32], 2 , cor , y = gesamt_Drehung )
quantile(trennschärfe_KDrehung)

# Voraussetzungen
assumptionEFA <- function(x){
  message("Bartlett Test")
  bartlett1      <- cortest.bartlett(x)
  Kaiser1        <- KMO(x)
  Determinante1  <- det(cor(x))
  mardia1        <- mardia(x,na.rm = TRUE)
  output         <- list(bartlett1, Kaiser1,mardia1 )
  return(output)
}
assumptionEFA(all)

```

Explorative Faktorenanalyse (Kap. 3.1.2)

```

# Anzahl der Faktoren
vss(all, rotate = "oblimin", fm = "pa")
fa.parallel(all)

# Hauptkomponentenanalyse
pc0 <- principal(all, nfactors=32, rotate="none")
pc  <- principal(all, nfactors = 2 , rotate = "oblimin")

# print Ergebnis
print.psych(pc, sort = TRUE, digits = 2, cut = 0.22)

# cronbachs alpha
alpha(all[Drehung])
alpha(all[KeineDrehung])

```

Konfirmatorische Faktorenanalyse (Kap.3.1.2)

```

# lavaan syntax for modell 1
cfa1 <- ' Total =~
X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11+
X12+X13+X14+X15+X16+X17+X18+X19+X20+
X21+X22+X23+X24+X25+X26+X27+X28+X29+
X30+X31+X32
'

# run cfa
fit.cfa1 <- cfa(cfa1, data=all,test="Bollen-Stine", bootstrap = 1000)

```

```

# print Zusammenfassung
summary(fit.cfa1, fit.measures=TRUE, standardized=TRUE, rsquare = TRUE)

# lavaan syntax for modell 2
cfa2 <- ' Drehung =~ X2+X7+X8+X9+X11+X12+X13+X16+X18+X21+X23+X24+X25+X29+X31
KeineDrehung =~ X1+X3+X4+X5+X6+X10+X14+X15+X17+X19+X20+X22+X26+X27+X28+X30+X32
'
fit.cfa2 <- cfa(cfa2, data=all, test="Bollen-Stine")

# Print Zusammenfassung
summary(fit.cfa2, fit.measures=TRUE, rsquare=TRUE)

# print Faktorenladungen
loadings <- inspect(fit.cfa2, what = "std")$lambda
summary(loadings[which(loadings[,1] > 0),])
summary(loadings[which(loadings[,2] > 0),])

# Vergleiche Modelle
anova(fit.cfa1, fit.cfa2)

```

Schnelligkeit im Footbonaut Short Passing Test (Kap 3.2)

Deskriptive Analyse (Kap 3.2.2)

```

# Verteilung und Korrelationsmatrix
cols <- names(performance[,3:10])
performance[,lapply(.SD, quantile), .SDcols = cols]
round(cor(performance[,c(3:10)]),2)

```

Clusteranalyse als Vorbereitender Schritt für das Strukturgleichungsmodell (Kap 3.2.2)

```

# NbClust schlägt bestmögliche Partitionierung vor
perfscaled <- data.frame(scale(performance[,c(3:10)]))
nc <- NbClust(perfscaled,
              distance="euclidean",
              min.nc=2,
              max.nc=5,
              method="ward.D2")

# Grafik vorbereiten
annotation <- data.frame(Schnelligkeit = c("Passschnelligkeit",
      "Informationsverarbeitung",
      rep("Laufschnelligkeit",2),
      rep("Sprungkraft",2),
      rep("Informationsverarbeitung",2)))
rownames(annotation) <- colnames(perfscaled)

# Heat Map
pheatmap(perfscaled, cluster_rows=FALSE,

```

```

border_color="white",
cutree_cols = 4,
annotation_col = annotation,
col=brewer.pal(6,"RdYlBu"),
annotation_names_col = FALSE,
cellheight=9,
cellwidth = 60,
fontsize_col = 12,
clustering_method = "ward.D2")

```

Strukturgleichungsmodell (Kap 3.2.2)

```

# Lavaan Syntax für das Strukturgleichungsmodell
semFit2 <- '

# Messmodell
Informationsverarbeitung =~ a*DT + a*D2
Laufschwindigkeit =~ W28 + L30
Sprungkraft =~ CMJ + HAMAR
Passschwindigkeit =~ HZ
Passgenauigkeit =~ TQ

# Strukturmodell
Passschwindigkeit ~ Informationsverarbeitung + Laufschwindigkeit + Sprungkraft
Passgenauigkeit ~ Informationsverarbeitung + Laufschwindigkeit + Sprungkraft

# residual cor
W28 ~~ L30
CMJ ~~ HAMAR
'

# run modell
erg2 <- sem(model=semFit2,
            data=perfscald,
            test = "bootstrap",
            se = "bootstrap",
            bootstrap = 1000,
            std.lv = TRUE
            )

# check performance
fitInd <- fitMeasures(erg2,c("srmr", "rmsea", "tli", "cfa"))

# check differenz zwischen "implied" and "observed" Korrelationen
resid(erg2, "cor")

# print Zusammenfassung
summary(erg2,
        fit.measures=TRUE,
        standardized=TRUE)

```


Leistungsgruppen im Footbonaut Short Passing Test (Kap. 3.3)

Diese Funktion nimmt BT32 und bringt die Daten in ein “long” Format und bereitet sie für die longitudinale Analyse vor.

```
BT32means <- processBT32lme(BT32)
```

Deskriptive Analyse (Kap. 3.3.2)

```
# Korrelation zwischen TQ und HZ
cor.test(BT32means$strike, BT32means$time)

# Mittelwerte und Standardabweichungen nach Gruppe, Session und Test
res <- BT32means[,.(N = .N,
  strike = mean(strike),
  sd = sd(strike),
  time = mean(time),
  sd = sd(strike)),
  by = .(group, Session, test)]

# Mittelwerte und Standardabweichung nach Gruppe, Spieler und Test
res1 <- BT32means[,.(time = mean(time),
  strike = mean(strike)),
  by = .(group, idP, test)]

# Test auf Normalverteilung
shapiro.test(res1[group == "Non-Elite"]$time)
shapiro.test(res1[group == "Non-Elite"]$strike)
shapiro.test(res1[group == "Elite"]$time)
shapiro.test(res1[group == "Elite"]$strike)

# Gruppenunterschiede
t.test(time ~ group, data = res1, var.equal=FALSE, paired = FALSE)
t.test(strike ~ group, data = res1, var.equal=FALSE, paired = FALSE)
```

Linear gemischte Modelle (Kap. 3.3.2)

```
# Mixed Model zur Analyse longitudinaler Daten; Handlungszeit FSPT
baselineSpeed <- lmer(time ~ 1 + (1|idP), REML = TRUE, data = BT32means)
modSpeed1 <- lmer(time ~ Session + (1+ Session|idP), REML = TRUE, data = BT32means)
modSpeed2 <- lmer(time ~ Session * as.factor(group) + (1 + Session|idP),
  REML = TRUE, data = BT32means )

# Vergleiche Modelle
anova(baselineSpeed, modSpeed1, modSpeed2)

# print Zusammenfassung
summary(modSpeed2)

# Mixed Model zur Analyse longitudinaler Daten; Trefferquote FSPT
```

```

baselineScore <- lmer(strike ~ 1+ (1|idP), REML = FALSE, data = BT32means)
modScore1      <- lmer(strike ~ Session + (1 + Session|idP), REML = FALSE, data = BT32means )
modScore2      <- lmer(strike ~ Session * group + (1 + Session|idP),
                      REML = TRUE, data = BT32means )

# Vergleiche Modelle
anova(baselineScore, modScore1, modScore2)

# print Zusammenfassung
summary(modScore1)

# check korrelation between slope and intercept
slopeInterceptScore <- data.frame(coef(modScore1)[[1]])
cor.test(slopeInterceptScore$X.Intercept, slopeInterceptScore$Session)

```

Alter und Spielpositionen im Footbonaut Short Passing Test (Kap. 3.4)

Diese Funktion bereitet den Datensatz HT32 für die Analyse vor.

```
HT32means <- processHT32lme(HT32)
```

Deskriptive Analyse (Kap. 3.4.2)

```

# Mittelwerte und Standardabweichungen nach Spielposition und Gruppe
groupxpos <- HT32means[,.(meanHZ = mean(time),
                          sdHZ = sd(time),
                          meanTQ = mean(strike),
                          sdTQ = sd(strike)), by = .(group, pos)]

# Mittelwerte und Standardabweichungen nach Session und Gruppe
groupxSes <- HT32means[,.(meanHZ = mean(time),
                          sdHZ = sd(time),
                          meanTQ = mean(strike),
                          sdTQ = sd(strike)), by = .(group, Session)]

# zähle Spieler pro Gruppe
mydata.mean <- HT32means[,list(time = mean(time),
                              strike = mean(strike)), by = list(idP, group, pos) ]
freq          <- table(mydata.mean$group, mydata.mean$pos)
freq          <- as.data.frame.matrix(freq)
freq["N"]     <- rowSums(freq)
colsum        <- apply(freq, 2, sum)
freq          <- rbind(freq, colsum)
rownames(freq)[4] <- "Gesamt"
freq

```

Linear gemischte Modelle (Kap. 3.4.2)

```
# check Korrelation zwischen Handlungszeit und Trefferquote
cor.test(HT32means$time, HT32means$strike) # -0.3 je genauer desto schneller

# Linear gemischte Modelle für die Handlungszeit
mod1 <- lmer(time ~ pos + (Session|idP), REML = FALSE, data = HT32means)
mod2 <- lmer(time ~ pos * group + (Session|idP), REML = FALSE, data=HT32means)
mod3 <- lmer(time ~ pos * group * Session + (Session|idP), REML = FALSE, data=HT32means)
anova(mod1,mod2,mod3)
summary(mod3)

# check Effekte (Mittelwerte aus dem Modell)
e2      <- effect("pos*group",mod3)
e2      <- as.data.frame(e2)
e2$pos  <- factor(e2$pos, levels = c("Verteidigung", "Mittelfeld","Sturm"))
e2$group <- factor(e2$group, levels= c("U12 - U14", "U15 - U17","> U19"))
e2

# Linear gemischte Modelle für die Trefferquote
modScore1 <- lmer(strike ~ pos + (Session|idP), REML = FALSE, data = HT32means)
modScore2 <- lmer(strike ~ pos * group + (Session|idP), REML = FALSE, data=HT32means)
modScore3 <- lmer(strike ~ pos * group * Session + (Session|idP), REML = FALSE, data=HT32means)
anova(modScore1, modScore2, modScore3)

# In der neueren Version von lme4 wurden Warnungen eingebaut. Sollte eine Warnung zum
# zum Optimizer erscheinen, dann Optimizer "optimx" verwenden.
# https://cran.r-project.org/web/packages/lme4/vignettes/lmerperf.html

# modScore1a <- lmer(strike ~ pos + (Session|idP), REML = FALSE, data = HT32means,
#                   control = lmerControl(optimizer = "optimx", calc.derivs = FALSE,
#                   optCtrl = list(method = "nlopt", starttests = FALSE, kkt = FALSE)))
```

Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Lernanstieg im FSPT und Training im Footbonaut (Kap. 3.4.3)

```
# Erstelle Modell um Koeffizienten für jeden Spieler zu berechnen
mod <- lmer(time ~ 1 + Session + (Session|idP), REML = FALSE, data = HT32means)
summary(mod)

# extrahiere Koeffizienten
y <- coef(mod)$idP
setDT(y, keep.rownames = TRUE)[]

# fusioniere Tabelle mit Koeffizienten und HT32 (Mittelwerte pro Session)
setnames(y,"rn","idP")
f <- merge(y, HT32means[,c("idP","Ngesamt", "group")], all.x = TRUE, by ="idP")

# überprüfe Verteilung und Zusammenhang
summary(f)
boxplot(Ngesamt ~ group, data = f)
```

```
cor.test(f$Session , f$Ngesamt)
```

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Bei der Auswahl des Materials (Datenerhebung) habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Gunnar Heidrich

Dr. Jan Mayer

Rafael Hoffner

Stephan Kiesling

Weitere Personen waren an der geistigen Herstellung der Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen. Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und ist auch noch nicht veröffentlicht worden.

Potsdam, 24. März 2020

Unterschrift

